

Lições de arquitetura através da transformação do espaço residencial: flexibilidade, adaptabilidade e tecnologia no desenho da habitação

Sabine Ritter De Paris

D
2022



Lições de arquitetura através da transformação do espaço residencial: flexibilidade, adaptabilidade e tecnologia no desenho da habitação

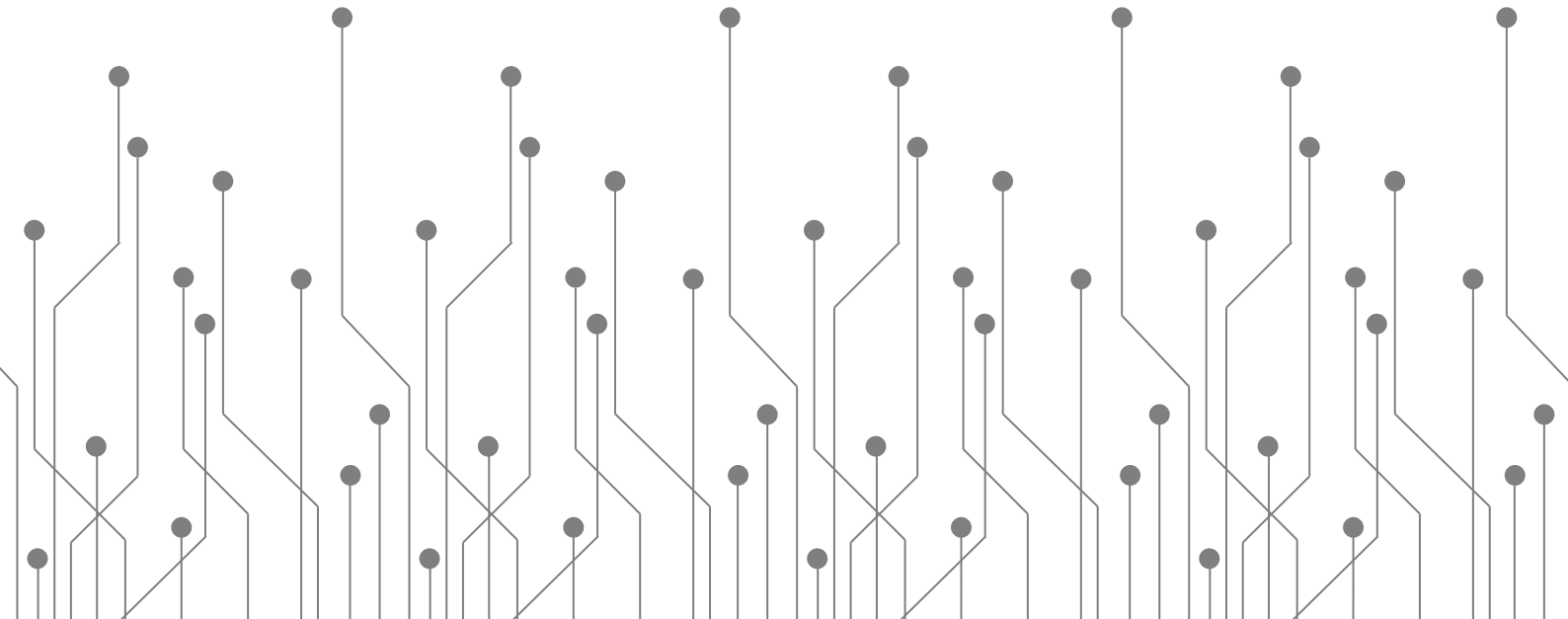
Sabine Ritter De Paris



Sabine Ritter De Paris

LIÇÕES DE ARQUITETURA ATRAVÉS DA TRANSFORMAÇÃO DO ESPAÇO RESIDENCIAL

**FLEXIBILIDADE, ADAPTABILIDADE E TECNOLOGIA NO
DESENHO DA HABITAÇÃO**



Sabine Ritter De Paris

**LIÇÕES DE ARQUITETURA ATRAVÉS DA
TRANSFORMAÇÃO DO ESPAÇO RESIDENCIAL**
FLEXIBILIDADE, ADAPTABILIDADE E TECNOLOGIA NO
DESENHO DA HABITAÇÃO

Tese especialmente elaborada para obtenção do grau de Doutor em Arquitetura, apresentada à Faculdade de Arquitetura da Universidade do Porto, como parte do Programa de Doutoramento em Arquitetura e sob orientação do Professor Doutor, Arquiteto Nuno Lacerda Lopes.

Esta dissertação foi redigida em português do Brasil, de acordo com o Acordo Ortográfico de 1990, uma vez que o seu autor é cidadão brasileiro.

Universidade do Porto
Faculdade de Arquitetura
2022

Agradecimentos

Ao Professor Doutor Nuno Lacerda Lopes por todo apoio e conhecimento nesta jornada que é o Doutorado. Agradeço pelos ensinamentos tanto no campo profissional quanto no campo pessoal, os quais refletem profundamente na transformação de quem sou hoje como aluna, professora e pessoa. Ao Professor Engenheiro Civil José Carlos Lino pela apresentação e auxílio dos software que compõem esta Tese.

Agradeço aos meus pais, Aleir e Mary, e meu irmão, Jean-Michel, por todo aprendizado ao longo da minha existência e pela força e embasamento que são na minha vida. Especialmente ao meu pai, que infelizmente, não está mais presente entre nós, um dos meus maiores apoiadores na jornada acadêmica, espero que consigas de algum lugar visualizar esta minha conquista e vibrar conosco. Madrinha Aleci, padrinho Alcimir e avós Arnalda e Leonilda, obrigada por toda generosidade e amor.

Ao meu marido Alvaro, meu suporte técnico e emocional, obrigada por toda ajuda e contribuições no difícil percurso que foi esta investigação, sem você não teria conseguido finalizá-lo, te amo! Aos meus sogros, cunhados, sobrinha e afilhado, obrigada pelas alegrias e risadas em cada momento.

Por fim, agradeço aos meus amigos que sempre acreditaram em mim e que me ampararam, nos períodos altos e baixos, e àqueles que de alguma forma contribuíram para a realização deste sonho.

Resumo

A habitação envolve como espaço cultural e social as diferentes atividades do cotidiano. Além de atender as necessidades básicas como abrigo, a habitação é também local de trabalho e lazer. Os núcleos familiares e os aspectos culturais da sociedade têm sofrido transformação constantes e velozes, ao mesmo tempo que a ocupação das cidades é cada vez mais densa e os centros urbanos sofrem escassez de terrenos. Garantir a adaptabilidade e a flexibilidade das habitações é essencial para acompanhar as transformações dos usuários. O constante contato com as mídias digitais e as recentes inovações tecnológicas oportunizam a capacidade de interpretação e de adequação da sociedade e do arquiteto na criação da arquitetura contemporânea adaptável. A presente investigação busca entender a forma como as estratégias utilizadas na flexibilização e as condicionantes para a adaptação do espaço residencial afetam de modos diferentes o desenho da habitação. O objetivo é avaliar a adaptabilidade e a flexibilidade do espaço residencial e os efeitos das tecnologias na transformação dos modos de habitar. Igualmente, compreender como as inovações tecnológicas modificam e contribuem para melhorar a flexibilidade e adaptabilidade na habitação. Por meio de Índices de avaliação calculados pelo método multicritério Analytic Hierarchy Process (AHP) e com os dados coletados por meio do software Revit e do algoritmo desenvolvido no plugin Dynamo são analisados os critérios de projetos residenciais. O algoritmo insere-se como ferramenta inovadora e complementar ao processo criativo e os métodos gráficos presentes na profissão do Arquiteto, buscando dados quantitativos além do universo geométrico. A aplicação da avaliação em estudos de caso permitiu identificar as deficiências dos projetos para que fossem buscadas dentro das tecnologias atuais, soluções que permitissem a flexibilização e adaptação dentro das construções existentes. A relevância de um planejamento prévio sobre a composição, escolha dos materiais e processos industriais é primordial para a projeção das habitações. A tendência do digital aparece como ferramenta que cria, temporariamente, novos espaços e traz novas sensações. No aspecto físico, as tecnologias se concentram em materiais leves e de simples montagem, as quais dependem de dimensões adequadas dos espaços da habitação, assim como sua pertinente distribuição no processo projetual. Os fundamentos teóricos sobre como desenhar o espaço

residencial seguem a mesma linha de pensamento, mas o modo como são aplicadas é distinto pela interpretação atual dos cenários sociais, econômicos e tecnológicos.

Palavras-chave: Adaptabilidade; Flexibilidade; Transformação residencial; Tecnologia; Projeto Habitacional.

Abstract

Living space involves as cultural and social space the different activities of daily life. Besides meeting basic needs as shelter, housing is also a place of work and leisure. The family group and the cultural aspects of society have undergone constant and rapid transformation, while the occupation of cities is increasingly dense and urban centers suffer scarcity of land. Ensuring the adaptability and flexibility of housing is essential to keep pace with users' changes. The contact with digital media and the recent technological innovations provide the capacity for interpretation and adaptation of society and the architect in the creation of contemporary adaptable architecture. This research seeks to understand how the strategies used in the flexibilization and the conditioning factors for the adaptation of the residential space affect in different ways the housing design. The objective is to assess the adaptability and flexibility of residential space and the effects of technologies on the transformation of ways of living. Likewise, to understand how technological innovations modify and contribute to improve flexibility and adaptability in housing. By means of Evaluation Rates calculated by the Analytic Hierarchy Process (AHP) multi-criteria method and with the data collected by means of the Revit software and developed algorithm on Dynamo plugin, the criteria of residential projects are analyzed. The algorithm as an innovative and complementary tool to the creative process and graphic methods present in the architect's profession, seeks quantitative data beyond the geometric universe. The application of the evaluation in case studies allowed to identify the deficiencies of the projects to be sought within the current technologies, solutions that would allow flexibility and adaptation within existing constructions. The relevance of a previous planning about the composition, choice of materials and industrial processes is primordial for the housing design. The digital trend appears as a tool that temporarily creates new spaces and brings new sensations. In the physical aspect, the technologies focus on lighter materials and easy assembly, which depend on adequate dimensions of housing spaces, as well as their distribution in the design process. The theoretical foundations on designing the residential space are the same, but the way they are applied is distinguished by the current interpretation of social, economic and technological scenarios.

Keywords: Adaptability; Flexibility; Technology; Home Transformation; Housing Project.

Sumário

AGRADECIMENTOS	V
RESUMO	VII
ABSTRACT	IX
SUMÁRIO	XI

CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO	16
------------------------------	-----------

1.1 HIPÓTESES	20
1.2 OBJETIVOS	22
1.3 METODOLOGIA	22
1.4 ESTRUTURA DA TESE	26

CAPÍTULO 2 O CONTEXTO DA ADAPTABILIDADE E FLEXIBILIDADE NA HABITAÇÃO	29
---	-----------

2.1 DOIS CONCEITOS COMPLEMENTARES OU ANTAGÔNICOS?	30
2.2 RELEVÂNCIA HISTÓRICA	33
2.3 A INSERÇÃO NO CONTEXTO ATUAL	45
2.3.1 FLEXIBILIDADE COMO ASPECTO ECONÔMICO E ORÇAMENTÁRIO	46
2.3.2 FLEXIBILIDADE COMO CONJUNTO DE ESTRATÉGIAS	48
2.3.3 FLEXIBILIDADE COMO INVESTIGAÇÃO TEÓRICA	52
2.3.4 FLEXIBILIDADE POR MEIO DE CASOS DE ESTUDO	55
2.3.5 FLEXIBILIDADE - CONCLUSÕES	59
2.3.6 ADAPTABILIDADE COMO ESPAÇO CONSTRUÍDO	62
2.3.7 ADAPTABILIDADE COMO TRANSFORMAÇÃO DO ESPAÇO	65
2.3.8 ADAPTABILIDADE - CONCLUSÕES	68

CAPÍTULO 3 TECNOLOGIAS NA CONSTRUÇÃO DO ESPAÇO HABITACIONAL	71
--	-----------

3.1 CONTEXTO HISTÓRICO	72
3.2 TECNOLOGIAS APLICADAS AO ESPAÇO	78

3.3 TECNOLOGIAS APLICADAS AO CONTEXTO	89
3.4 CONCLUSÕES	99
<u>CAPÍTULO 4 CRITÉRIOS, ESTRATÉGIAS E MÉTODOS DE APLICAÇÃO</u>	<u>101</u>
4.1 METODOLOGIAS	103
4.2 CRITÉRIOS CONSTRUÇÃO	109
4.2.1 FORMA GEOMÉTRICA E DIMENSÕES COMPACTAS	109
4.2.2 CIRCULAÇÃO – DIMENSÃO E TIPO	110
4.2.3 ÁREA ÚTIL/CONSTRUÍDA	111
4.2.4 HIERARQUIA E PROPORÇÃO	112
4.2.5 PÉ-DIREITO	113
4.2.6 VEDAÇÕES VERTICAIS COM INFRAESTRUTURA - APOIO	114
4.2.7 SISTEMA ESTRUTURAL	115
4.2.8 TIPOS DE VEDAÇÃO VERTICAL	115
4.2.9 ABERTURAS	116
4.2.10 ACESSOS	117
4.2.11 REVESTIMENTOS	118
4.3 CRITÉRIOS ESTRATÉGIAS	119
4.3.1 ESPAÇOS INDETERMINADOS	119
4.3.2 MODULARIDADE	120
4.3.3 MOBILIÁRIO MULTIFUNCIONAL	121
4.3.4 ESPAÇOS MULTIFUNCIONAIS	121
4.3.5 OPÇÕES DE PROGRAMAS ARQUITETÔNICOS	122
4.3.6 PLANTA LIVRE	123
4.3.7 ZONA TÉCNICA E DE SERVIÇOS	124
4.3.8 EXPANSIBILIDADE	125
4.3.9 COMPONENTES EM LAYERS (VIDA ÚTIL)	126
4.3.10 ACESSO PARA MANUTENÇÃO	126
4.3.11 FLEXIBILIDADE DE COMPONENTES	127
4.3.12 PARTICIPAÇÃO DO USUÁRIO	128
4.4 CONCLUSÕES	129

<u>CAPÍTULO 5 ESTRUTURAÇÃO DOS ÍNDICES DE DESEMPENHO</u>	131
5.1 O PROCESSO DE ANÁLISE MULTICRITÉRIO	133
5.2 DEFINIÇÃO DOS ÍNDICES DE DESEMPENHO	136
5.3 ATRIBUTOS PARA AVALIAÇÃO DOS ÍNDICES DE DESEMPENHO	147
<u>CAPÍTULO 6 COMPOSIÇÃO DO ALGORITMO PARA INCORPORAÇÃO DOS ATRIBUTOS</u>	155
6.1 ÍNDICE DE ADAPTABILIDADE	160
6.2 ÍNDICE DE FLEXIBILIDADE	187
<u>CAPÍTULO 7 CASOS DE ESTUDO</u>	210
7.1 APARTAMENTOS FRANKLIN	212
7.1.1 APRESENTAÇÃO	212
7.1.2 ANÁLISE	214
7.2 CASA DE LAS FLORES	218
7.2.1 APRESENTAÇÃO	218
7.2.2 ANÁLISE	220
7.3 EDIFÍCIO PRUDÊNCIA	223
7.3.1 APRESENTAÇÃO	223
7.3.2 ANÁLISE	224
7.4 EDIFÍCIO DAPPERBUURT	228
7.4.1 APRESENTAÇÃO	228
7.4.2 ANÁLISE	230
7.5 EDIFÍCIO LÚCIA	233
7.5.1 APRESENTAÇÃO	233
7.5.2 ANÁLISE	234
7.6 APARTAMENTO ODIVELAS	238
7.6.1 APRESENTAÇÃO	238
7.6.2 ANÁLISE	239

7.7 VISTA DA MONTANHA	245
7.7.1 APRESENTAÇÃO	245
7.7.2 ANÁLISE	247
7.8 BAU 727	250
7.8.1 APRESENTAÇÃO	250
7.8.2 ANÁLISE	252
7.9 NAUTILUS PARQUE II	255
7.9.1 APRESENTAÇÃO	255
7.9.2 ANÁLISE	256
7.10 CONCLUSÕES	260
 <u>CAPÍTULO 8 TRANSFORMAÇÃO COM TECNOLOGIA</u>	 <u>264</u>
 <u>CAPÍTULO 9 CONCLUSÕES</u>	 <u>277</u>
 9.1 CONTRIBUIÇÕES CIENTÍFICAS	 281
9.2 LIMITAÇÕES E TRABALHOS FUTUROS	283
 <u>BIBLIOGRAFIA</u>	 <u>286</u>
 <u>ÍNDICE DE FIGURAS</u>	 <u>310</u>
 <u>ÍNDICE DE TABELAS</u>	 <u>317</u>
 <u>ACRÓNIMOS E ABREVIATURAS</u>	 <u>319</u>
 <u>APÊNDICE</u>	 <u>322</u>
 APÊNDICE A INSTRUMENTO DE COLETA	 364

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

A habitação exerce o papel fundamental de abrigar e proteger a espécie humana, desde os tempos primórdios. Ao longo do tempo, adquiriu novos atributos que vão além do refúgio, como a promoção do bem-estar e o desenvolvimento das relações sociais¹. A habitação está inserida nas diversas esferas do cotidiano, a qual não se limita ao domínio íntimo, e estrutura o modo como vivemos e como nos relacionamos. Como afirma o filósofo Heidegger (2018), desde que o homem se tornou um habitante, um residente, constrói-se como característica essencial o “cuidar”.

A residência como lugar é composta de espaços que limitam e estruturam na construção a produção do abrigo, que está além do local de residência, pois habitam-se também locais de lazer e de trabalho. De acordo com Gram-Hanssen e Darby (2018) apesar da habitação possuir diferentes conotações, existem quatro grandes universos complementares entre si: habitação como segurança e controle, habitação como local de diferentes atividades, habitação como local de relacionamentos sociais e continuidade e habitação como identidade e referência de valores.

A habitação como segurança e controle refere-se ao local de refúgio, onde nos sentimos protegidos do mundo externo. A habitação como local de diferentes atividades compreende as várias ações executadas por nós, como: cozinhar, comer e dormir, ou seja, atividades do cotidiano que exigem a transformação dos espaços para acomodar a atividade a ser realizada. Habitação como local de relacionamentos sociais e continuidade aborda a habitação como local que varia ao longo das gerações e do processo temporal, abrigo das memórias e das relações sociais. Por último, habitação como identidade e referência de valores remete à habitação como a representação de ideias e valores, por meio das posses culturais e do capital financeiro.

A residência estabelece-se pelos aspectos sociológicos do habitar. Construídos historicamente, estes aspectos modificaram a estrutura residencial ao longo do tempo². Como exposto por Alcalá (1995) a casa é composta pela dimensão política (necessidades, valores sociais, grupos de interesse, construção civil), vida familiar (pressupostos familiares, adaptação e adequação, análise dos usos e

¹ Como pode ser visto em Bogéa (2009), Pereira (2012).

² Ver Oliveira (2015).

hábitos familiares) e comunidade (ligação entre a casa e o lugar de trabalho, classes sociais e consequências do desenho no bairro).

A ordenação do espaço representa a ordenação entre as pessoas, proporcionalmente à sistematização das edificações em um tecido urbano, que evidenciam as diferenças culturais (Hillier; Hanson, 1988). As diversas dimensões da habitação criam uma complexa rede de dados, as quais permitem ampliar a compreensão sobre os modos de habitar. Da mesma maneira, enfatizam as diferenças de cada núcleo familiar em relação ao seu espaço (Alcalá, 1995). A padronização do desenho da habitação, justificada pela redução de custos e agilidade no processo de construção, expressa-se no enrijecimento da dinâmica das atividades dos residentes, obrigando-os a moldarem-se ao existente ou adaptar o projeto original.

A capacidade da sociedade transformar-se rapidamente quando comparada com o setor de construção, somada à escassez de terrenos em grandes centros urbanos, reduz a produção de novas edificações e os novos modos de habitar tardam para serem incorporados nos projetos. Portanto, a adaptação de habitações existentes ou a modificação de edificações que se destinavam a outros usos, como fábricas e escritórios, manifestaram-se gradualmente no mercado.

Este fato evidencia a necessidade da habitação como lugar adaptável e flexível, com espaços que atendam ao núcleo familiar e suas atividades rotineiras. O constante contato com as mídias digitais e as recentes inovações tecnológicas oportunizam a capacidade de interpretação da sociedade e do arquiteto na criação da arquitetura contemporânea adaptável.

A investigação da habitação no meio científico auxilia na compreensão cultural da humanidade e da produção arquitetônica, justificada pela amplitude temática, integrante dos contextos teóricos e das práticas construtivas. É pertinente, portanto, limitar o campo de pesquisa na habitação, em razão de sua abrangência. Retomando a ideia da habitação como estruturadora do modo como vivemos, é notável a transformação que envolve a humanidade tanto como indivíduo e como grupo familiar. A transformação de uma família, como, por exemplo, a saída dos filhos da casa dos pais ou a modificação dos próprios costumes, por motivação econômica ou social, está diretamente ligada à remodelação dos espaços em que residimos.

Remodeladas as intenções específicas de cada usuário, os espaços possuem limitações maiores ou menores consoante aos materiais e estruturas da edificação. É influenciado por aspectos como o tipo de envolvente exterior, as vinculações internas/externas e a hierarquização dos ambientes. Além disso, distinguem-se de acordo com a quantidade de unidades habitacionais e da sua organização. Em específico para o caso das edificações multifamiliares, estes aspectos se tornam complexos, em virtude do relacionamento com as unidades residenciais vizinhas e da pouca capacidade de expansão.

Ao abordar as questões que envolvem a adaptabilidade e flexibilidade na habitação, é importante ressaltar o custo econômico-financeiro. Este custo está vinculado tanto a fase de projeto de uma edificação, onde são estudadas as estratégias adequadas para que a construção possa alterar-se no futuro, assim como na modificação de uma edificação existente.

Em todos os casos, a relação custo-benefício depende de uma combinação de fatores que envolvem o uso e a tecnologia na adaptabilidade e flexibilidade, sem que necessariamente exista uma desvantagem econômica (Schneider; Till, 2005b). Na pesquisa de Shipley et al. (2006), profissionais do setor de construção afirmam que reutilizar edificações existentes geram uma economia de 10% a 12% quando comparado a uma edificação nova. Uma vez que as paredes, pisos e telhado já existem, os custos poderiam ser reduzidos em até 22%, quando a infraestrutura é reaproveitada.

Já Slaughter (2001) afirma que a implementação de algumas estratégias na fase de projeto gera aumento entre 1% e 2% os custos de construção. Porém, existe uma economia na primeira renovação de uma edificação quando comparada com uma edificação que não está planejada para modificar-se. Do mesmo modo, Manewa et al. (2016) lembram que o custo inicial maior nas edificações adaptáveis está correlacionado com a maior durabilidade e qualidade dos materiais aplicados, assim como na sua eficiência energética.

Apesar de não estarem profundamente investigado, os benefícios para a sustentabilidade ambiental são constantemente citados. A adaptabilidade preserva a energia incorporada, o carbono e os investimentos em materiais de construção (Ross et al., 2016). Ao permitir a modificação são evitados o abandono e a demolição de edificações, os quais influenciam a sustentabilidade ambiental e social (Pinder et

al., 2013). Dentro das mesmas circunstâncias, a adaptabilidade tecnológica é essencial para garantir a sustentabilidade, assegurando bem-estar, longa valorização da edificação e qualidade funcional (Nakib, 2010).

1.1 Hipóteses

Em vista do que foi exposto, as hipóteses para esta investigação são:

- De que forma as estratégias utilizadas na flexibilização e as condicionantes para a adaptação do espaço residencial afetam de modos diferentes o desenho da habitação?
- De que forma as inovações tecnológicas podem modificar e contribuir para melhorar a flexibilidade e adaptabilidade na habitação?

A evolução da tecnologia na construção, processos de fabricação e dos materiais empregados na habitação são claramente percebidos no cotidiano, porém os aspectos que envolvem a flexibilidade e adaptabilidade não são tão perceptíveis. Igualmente, tem-se uma dificuldade em reconhecer a consequência de cada ação pensada no desenho da habitação. Como complemento, a influência cultural, econômica e demais aspectos subjetivos interferem no entendimento da habitação.

Nos últimos dez anos, a adaptabilidade e a flexibilidade foram abordadas no meio acadêmico por nove investigações de Doutorado, em específico nas línguas portuguesa e inglesa, como pode ser visto no Tabela 1.1.

Enquanto os trabalhos de Agyefi-Mensah (2013) e Kisnarini (2015) abordam o emprego de soluções para apartamentos em locais específicos (Ghana e Surabaya), Jorge (2012) pesquisa soluções para residências multifamiliares a serem construídas ou que possam trocar de uso. Manewa (2012) desenvolve o tema com foco nas questões orçamentárias e no emprego do ciclo de vida dos materiais de construção.

Davico (2013), Freire (2013) e Noori (2018) procuram explorar a demanda dos usuários e de novas estratégias que permitam a edificação transformar-se. Gjakun (2015) semelhantemente analisa essas estratégias, porém, seu foco é a evolução dos interiores a partir da década de 70. Diferenciando-se dos anteriores, Farfán (2016) explora as habitações temporárias pós-desastre e como seus usuários a modificam como forma de tornar um lar para suas famílias.

Tabela 1.1 – Teses de Doutorado com o tema flexibilidade e adaptabilidade.

Autor	Universidade	Objetivo
Manewa (2012)	Loughborough University	Identificar aspectos econômicos para a troca de uso em edificações, inseridos no contexto de ciclo de vida adaptável.
Jorge (2012)	Universidade de São Paulo	Criar um instrumental para a elaboração de projetos de edifícios residenciais multifamiliares flexíveis ou para a requalificação de edifícios preexistentes para novos usos residenciais.
Davico (2013)	Universidade do Minho	Dar resposta às necessidades dos ocupantes, por meio da avaliação do grau de flexibilidade projetual e da compartimentação flexível denominada Folder Wall System.
Freire (2013)	Universidade da Beira Interior	Clarificar os conceitos base, definir objetivos de qualidade a atingir, desenvolver recomendações para a concretização dos objetivos e apresentar exemplos reais de aplicação das recomendações.
Agyefi-Mensah (2013)	Technische Universiteit Eindhoven	Identificar a funcionalidade e adaptabilidade de soluções para o desenho de apartamentos públicos em Ghana, levando em conta a participação do usuário.
Kisnarini (2015)	Technische Universiteit Eindhoven	Auxiliar a tomada de decisão no desenho de apartamentos adaptáveis de baixo custo, que atendam a demanda dos usuários de Surabaya, Indonesia.
Gjakun (2015)	Politecnico di Milano	Analisar o conforto e a flexibilidade dos interiores da habitação, a partir da década de 70, com ênfase na atualização de soluções que impactem no contemporâneo.
Farfán (2016)	University of Cambridge	Compreender a transição dos ocupantes nas residências temporárias pós-desastre por meio de modificações na sua habitação.
Noori (2018)	University of Calgary	Investigar como a adaptabilidade pode responder ao futuro de maneira flexível e sustentável.

Fonte: A autora.

Com base nas investigações, é notável a existência de uma lacuna de pesquisa que identifique e compreenda como as variáveis da adaptabilidade e da flexibilidade interferem na habitação. As hipóteses levantadas se tornam inquietantes nas habitações multifamiliares, tanto pela distribuição por andar das unidades residenciais como pela limitação técnica de construção em altura e horizontalmente. Dessa maneira, optou-se pela escolha do modelo residencial em apartamento como objeto de estudo desta investigação.

O avanço das tecnologias insere no mercado novos materiais e sistemas que alteram o modo como é percebido o tema na habitação multifamiliar, portanto, os novos modos de habitar que vem surgindo estão diretamente associadas com essas tecnologias e como construímos.

1.2 Objetivos

Conforme as hipóteses levantadas e dentro do enquadramento apresentado, o objetivo principal desta investigação é avaliar a adaptabilidade e a flexibilidade do espaço residencial e os efeitos das tecnologias na transformação dos modos de habitar. Busca-se, portanto, uma perspectiva inovadora e inscrita no atual rol de preocupações que se colocam à arquitetura na construção dos “novos” espaços de morar, onde a tecnologia e a sua incorporação na habitação vêm modificando a “ideia” e os usos do espaço residencial.

Como objetivos específicos da investigação estão:

- Compreender os conceitos de adaptabilidade e flexibilidade na habitação;
- Identificar e verificar o uso de tecnologias inovadoras;
- Desenvolver um método de avaliação da adaptabilidade e da flexibilidade;
- Utilizar casos de estudo para a verificação da metodologia.

1.3 Metodologia

Como forma de estruturar os procedimentos e técnicas aplicados no desenvolvimento desta investigação, na Tabela 1.2 é apresentado o enquadramento metodológico da tese.

Tabela 1.2 – Enquadramento metodológico da pesquisa

Classificação	Enquadramento
Natureza	Aplicada
Forma de abordagem	Qualitativa
	Quantitativa
Objetivos	Exploratória
	Descritiva
Procedimentos técnicos	Bibliográfico
	Levantamento
	Casos de estudo
Método científico	Indutivo

Fonte: A autora.

Quanto à natureza, a metodologia se enquadra como aplicada devido à forte relação entre os dados e a informações obtidas no ambiente real e as proposições elucidadas durante o estudo. Na forma de abordagem, os aspectos qualitativos são representados pelas estratégias e condicionantes da flexibilidade e adaptabilidade

levantados a partir da bibliografia e sua vinculação com a tecnologia, traduzidos de forma quantitativa em informações numéricas e indicadores.

Quanto aos objetivos da linha metodológica, existem dois enquadramentos distintos: a pesquisa exploratória, onde foram realizados levantamentos bibliográficos e verificação de casos semelhantes ao estudado, e a pesquisa descritiva, que buscou conceber o levantamento dos dados com coleta de dados a fim de responder as principais questões relativas ao problema.

Os procedimentos técnicos são o estudo bibliográfico, o levantamento, e o caso de estudo em que o primeiro está vinculado às constatações anteriormente publicadas por outros autores, o segundo à recolha de dados com profissionais da área, e o terceiro ao exame de outras metodologias para resolver o problema.

Por fim, por se tratar de uma pesquisa que recorre da análise de casos em particular a fim de servirem como um padrão normalizado para possíveis estudos futuros a respeito do tema tem-se que o trabalho se enquadra quanto ao método científico classificado como de princípio indutivo.

Com base nas discussões anteriores, o processo metodológico para a construção da Tese foi organizado em três etapas, nomeadamente: Levantamento, Desenvolvimento e Aplicação. Como pode ser visto na Figura 1.1, cada uma destas etapas é composta por etapas secundárias, as quais foram ordenadas e interligadas conforme o seguimento do trabalho. As ligações das setas em linha cinza escuro representam as conexões diretas e sequenciais, enquanto as ligações das setas em linha cinza claro representam as etapas indiretas que contribuíram para as diretas.

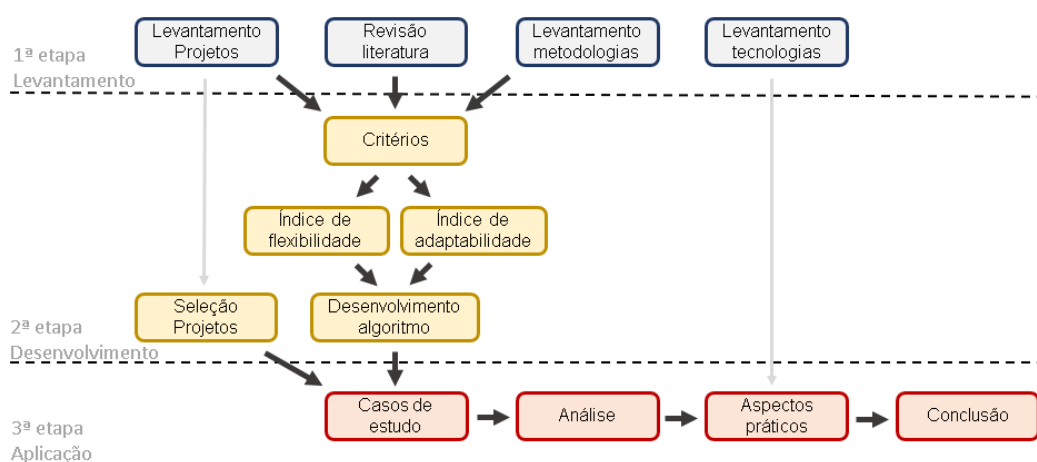


Figura 1.1 – Etapas de pesquisa.

Fonte: A autora.

Na primeira etapa, Levantamento, foram levantados os dados e elementos que criaram o suporte para o desenvolvimento do trabalho, a partir de projetos arquitetônicos, revisão da literatura, verificação de metodologias existentes no contexto científico e levantamento de tecnologias da construção. A revisão literária explora a compreensão dos conceitos e contexto histórico, que veiculam os aportes teóricos concomitantes com o contexto e tecnologias de cada ciclo. Adicionalmente, auxilia no discernimento das diferentes ideias ligadas ao tema.

O levantamento de projetos habitacionais apresentou as diversas estratégias e condicionantes utilizadas pelos arquitetos na construção do espaço, de forma que amparou a percepção da influência e dinâmica da aplicação para cada caso. O levantamento das tecnologias abordou os diferentes materiais e técnicas envolvidos nos projetos, frente à complexidade da habitação e da relação com o seu habitante, assim como a evolução histórica e a verificação de inovações para a construção civil. O levantamento de metodologias, que visam a avaliação de flexibilidade e adaptabilidade na habitação, estruturaram a identificação das carências e dos complementos necessários para a investigação.

O conjunto formado pela primeira etapa, Levantamento, possibilitou o avanço para a segunda etapa, Desenvolvimento, que está direcionada na seleção de critérios, desenvolvimento do método de avaliação a partir dos Índices de Adaptabilidade e de Flexibilidade e a concepção do algoritmo para a coleta dos dados dos projetos habitacionais estudados. A seleção de critérios é resultante do levantamento realizado anteriormente, tanto literária quanto projetual. Sua composição exprime quais são as ferramentas e estratégias aplicadas no espaço residencial referentes à adaptabilidade e flexibilidade na habitação. Os critérios formam o conjunto inicial de dados que compõem o Índice de Adaptabilidade e de Flexibilidade.

Os índices de avaliação foram calculados pelo método multicritério Analytic Hierarchy Process (AHP). A escolha pela AHP foi realizada com base nas definições e recomendações desenvolvidas em Guitouni e Martel (1998), no qual a partir de uma série de características, fatos extraídos do problema e hipóteses da pesquisa, é possível identificar a AHP como a melhor opção de método multicritério. O método de avaliação com base nos Índices de Adaptabilidade e da Flexibilidade foi executado por meio do software Revit e do plugin Dynamo, com a concepção de

algoritmos capazes de identificar as características do espaço residencial, os quais estão contidos nos desenhos dos projetos utilizados nos casos de estudo.

A escolha pelo software está associada ao uso de ferramentas Building Information Modeling (BIM), uma vez que o cruzamento de dados analíticos e de desenho exigem a conexão entre as diferentes variáveis de um projeto. Além das qualidades como ferramenta BIM, o Revit possui acesso concedido pela Autodesk, por meio de uma versão educacional destinada aos estudantes e docentes, e possui um aprendizado intuitivo e simples para aqueles que já possuem conhecimento no software AutoCad.

O plugin Dynamo, de livre acesso, está associado ao Revit, portanto, a dependência dos dois programas orienta sua seleção para esta investigação. Dynamo é um plugin de programação visual, que permite manipular informações, formas geométricas e automatizar tarefas. Com o plugin é possível associar e relacionar dados por meio de algoritmos que geram o desenho paramétrico.

Ao observar o potencial do Dynamo direcionado ao desenho paramétrico, notou-se a possibilidade de empregar o plugin em um viés pouco comum, a análise. Normalmente, são criados algoritmos que, por meio de condições e parâmetros, produzem um desenho ou outro. Foi constatado, por meio de testes preliminares, que o plugin poderia executar de modo “inverso”. Por meio da leitura de um desenho, o algoritmo criado resulta em um valor ou condição. Portanto, é possível utilizá-lo para elaborar um resultado de análise automatizado.

O uso de algoritmo facilita o processamento de múltiplos dados com relações complexas, favorecendo o lançamento de resultados. Por meio de um sistema de etapas que respeita regras e condições, o algoritmo conduz à solução de um problema com a inserção de uma linguagem de programação específica. Essa linguagem de programação confere a capacidade de entender e executar os dados inseridos, assim como gerar o resultado buscado. A redução de tarefas, pela aplicação do algoritmo, otimiza o tempo de análise do problema e amplifica as interpretações do contexto estudado.

Para o arquiteto e a comunidade científica, o processo projetual e as edificações construídas envolvem variáveis como orçamento, tecnologia, mão-de-obra e qualidade espacial (Coelho, 2000). A interação dessas variáveis envolve a integração multidisciplinar de profissionais assim como a integração das diferentes

layers que compõem a edificação (estrutura, alvenaria, instalação elétrica e hidrossanitária).

Portanto, a escolha pelo desenvolvimento de um algoritmo representa um benefício para os arquitetos e o setor da construção, uma vez que aborda as facetas do processo projetual e retorna com soluções em um tempo reduzido. A compressão da construção é essencial para quem cria o algoritmo, sem excluir o lado crítico do pensamento aliado à máquina na determinação do problema.

Na última etapa, Aplicação, o método de avaliação da adaptabilidade e flexibilidade é testado em projetos selecionados a partir do levantamento realizado na primeira etapa do processo metodológico. Foram escolhidos projetos historicamente reconhecidos pela sua flexibilidade e adaptabilidade, assim como projetos contemporâneos brasileiros e portugueses com formas e organização diferentes. Os casos de estudo são analisados conforme os resultados dos índices. Por último, aqueles com menor pontuação são aperfeiçoados com as tecnologias inovadoras levantadas na primeira etapa.

1.4 Estrutura da tese

A estrutura da tese foi proposta para contemplar o desenvolvimento das etapas do procedimento metodológico, a fim de organizar as informações sobre o tema de maneira lógica e coerente para o cumprimento do objetivo de pesquisa. A estruturação da tese está dividida em oito capítulos, onde o Capítulo 1 contextualiza o problema e a sua relevância, bem como apresenta os objetivos propostos e metodologia.

No Capítulo 2 são apresentados os conceitos principais que fundamentam esta tese, o contexto histórico do tema e as questões atuais que envolvem a flexibilidade e adaptabilidade. No Capítulo 3 são elencadas as tecnologias e técnicas inerentes ao Capítulo 2, onde identificam-se suas particularidades, evolução e inovações.

No Capítulo 4 são discutidas as metodologias existentes no meio científico para a avaliação da adaptabilidade e da flexibilidade e elencadas quais são as condicionantes para a adaptabilidade e as estratégias para a flexibilidade, como forma de constituir uma lista de critérios que compõe os índices de avaliação. No

Capítulo 5 é explorado o método de avaliação e os Índices de Adaptabilidade e Flexibilidade.

No Capítulo 6 é elucidado a concepção dos algoritmos que executam o método de avaliação com base nos Índices de Adaptabilidade e da Flexibilidade. No Capítulo 7 é demonstrada a aplicação do método e os índices por meios de casos de estudo e no Capítulo 8 a aplicação das tecnologias inovadoras. Por fim, no Capítulo 9, são apresentadas as conclusões do trabalho de investigação.

CAPÍTULO 2

O CONTEXTO DA

ADAPTABILIDADE E

FLEXIBILIDADE NA HABITAÇÃO

Compreender o espaço físico e as soluções elaboradas para que a habitação atenda às necessidades de seus usuários exige a investigação dos aspectos subjetivos inerentes a esta interação. É determinante a relação do espaço com o habitar, tendo-se em consideração a modificação da sociedade e da tecnologia ao longo dos anos. Do mesmo modo, os conceitos de flexibilidade e adaptabilidade acompanham estas modificações, de forma que acrescentam especificidades relativas aos usos das edificações, materiais e processos construtivos.

No meio científico e literário existe um número significativo de publicações que abordam os conceitos de flexibilidade e adaptabilidade, assim como suas implicações no ambiente construído³. Por mais que o assunto tenha sido debatido entre arquitetos e pesquisadores de diferentes áreas, suas definições implicam em dúvidas e em contraposições. Portanto, neste capítulo cabe definir os conceitos de flexibilidade e adaptabilidade e, adicionalmente, o enquadramento histórico seguido por referências projetuais que auxiliam no embasamento teórico que envolvem o tema.

2.1 Dois conceitos complementares ou antagônicos?

Para elucidar o que se entende por flexibilidade e adaptabilidade nesta investigação, foram ponderados os conceitos relevantes (conforme autor e pertinência do tipo de publicação) encontrados no decorrer da revisão bibliográfica. A flexibilidade pode ser definida como a liberdade de escolha no desenho do espaço ou a liberdade na elaboração de programas arquitetônicos que atendam às necessidades individuais (Hamdi, 1991). A competência para oferecer diferentes escolhas e personalizações (Rabeneck et al., 1973), o que reflete na potencialidade de alteração, de modo que uma indeterminação possa se tornar determinada (Spuybroek 2008).

No espaço indeterminado, o mobiliário e as divisórias móveis criam uma flexibilidade perceptível, não necessariamente de caráter transitório, mas com tenacidade e permanência necessárias ao edifício (Venturi, 1977). Com esta capacidade física de alterar-se, as diferentes configurações criam uma margem onde possam ser implementados diferentes interpretações e usos (Groak, 1992; Koolhas;

³ Como pode ser visto em Brand (1994), Slaughter (2001), Schneider; Till (2005a) e Cellucci; Di Sivo (2015).

Mau, 1995). Portanto, os usuários são o ponto central na escolha dos diferentes layouts, com ajustes ao longo do tempo (Schneider; Till, 2005b).

Ainda, a flexibilidade pode estar associada à neutralidade, de modo que um espaço incorpore diferentes usos, absorvendo as alterações. Porém, a neutralidade pode corresponder à falta de identidade e recursos, sem nunca possuir uma solução ideal (Hertzberger, 1991). A flexibilidade é um processo complexo, que depende da cooperação entre diferentes partes e por isso é difícil de ser implementado. Consequentemente, uma construção flexível não é considerada um esqueleto vazio, mas um lugar compartilhado por indivíduos (Habraken, 2008).

Em concordância com a ideia de espaço polivalente, a flexibilidade manifesta-se pela versatilidade, a qual depende do planejamento estrutural, concepção de equipamentos e infraestruturas concentrados e modulares e da organização interna. Todos esses aspectos precisam estar direcionados para uma maior isotropia e indeterminação espacial (Gausa, 1998).

É uma questão de analisar a construção para aumentar seu potencial de versatilidade e variabilidade de uso (Monteys; Fuertes, 2001), pensar no espaço que pode ser trabalhado fisicamente na porção interna a partir de uma forma física externa da planta (Leupen, 2006). A flexibilidade é composta pela redundância, recursos técnicos e política. A redundância representa cômodos amplos que criam margem para a flexibilidade. Os recursos técnicos são os elementos e sistemas que favorecem a flexibilidade. A política é a apropriação e a adaptação do espaço pelos usuários (Forty, 2000).

Com o conjunto dessas informações, constata-se que a flexibilidade se refere aos espaços sem uso específico, os quais permitem diferentes modos de habitar e que acompanham a transformação dos usuários e de sua estrutura familiar. A definição aborda somente a superfície do termo e pouco representa a complexidade que a envolve. É importante ressaltar que uma construção flexível foi projetada para este fim, ou seja, possui estruturas que podem ser alteradas de um estado para outro e que retornam posteriormente ao estado original sem significativo esforço.

Essas configurações são pré-determinadas e estão, normalmente, centradas nas decisões do arquiteto, que pode ou não ter a participação dos usuários. Portanto, a construção flexível apresenta cenários fixos definidos por quem a projeta, a qual está apoiada em uma ou duas opções direcionadas no desenho da habitação.

No tocante à adaptabilidade, na literatura é definida como construir de forma adaptável, de modo que um homem possa adaptar sua casa e não ser introduzido a de maneira forçada (Otto, 1979). Os ambientes são concebidos para que possam ser utilizados de diferentes maneiras (Schneider; Till, 2012), com habilidade para reagir à novas circunstâncias com um esforço e custo mínimos, sendo um indicador de flexibilidade (Cowee; Schwehr, 2012).

É a capacidade de acomodar modificações futuras, conforme a demanda de propriedade (Douglas, 2006), assim como possui a capacidade de diferentes usos sociais, diferentemente de flexibilidade que é a capacidade de diferentes arranjos físicos (Groak, 2002). Já que na adaptabilidade a construção altera-se conforme as circunstâncias mudam (Rabeneck et al., 1973), isso reflete no aperfeiçoamento das condições de vida das necessidades humanas (Bubner, 1979). Adicionalmente, a adaptabilidade é considerada também uma maneira diferente de se ver a flexibilidade. Um edifício adaptável é ao mesmo tempo transfuncional e multifuncional e deve possibilitar alterar o seu uso (Maccleanor, 1998).

A adaptabilidade é apresentada na aptidão de expandir o espaço e modificá-lo internamente, na troca de uso condizente com a sua estrutura e no planejamento de características, que determinam a forma como um edifício reage flexivelmente durante todo o processo de desenho e construção (Cowee; Schwehr, 2012). Associa-se a adaptabilidade com o processo de fácil montagem/desmontagem, por meio de materiais e componentes que são reutilizados e possuem a habilidade para aumentar em volume ou capacidade (Douglas, 2006).

A adaptabilidade já não está focada em promover um ou dois cenários, o arquiteto não configura o agente que limita as opções. O exercício de reflexão do arquiteto é entender como a construção, seus materiais e a integração dos seus subsistemas são projetados para que o usuário consiga modificá-lo ao máximo no futuro. Seu objetivo é dar liberdade para que a edificação seja transformada, permanecendo no modelo até que seja transformada novamente.

Isso não impede que a flexibilidade seja utilizada em conjunto com a adaptabilidade, uma vez que no projeto existem outras variáveis, que interferem no desenho da habitação, como legislação e orçamento. A flexibilidade é complemento para endossar o poder de modificação da habitação. Cabe pesar qual é a melhor solução e quando utilizar cada uma.

2.2 Relevância histórica

Conforme Schneider e Till (2007), a flexibilidade e adaptabilidade não possuem um desenvolvimento histórico claro e linear. Sua narrativa pode ser dividida em duas linhas: a primeira como resultado da arquitetura vernacular e a segunda como resultado de uma pressão externa para que fossem encontradas soluções alternativas para a habitação.

A linha vernacular resulta de padrões de formação cultural e de uso, sem necessariamente ter a influência do arquiteto. Na segunda linha, o arquiteto aparece como figura central, utilizando seu conhecimento para encontrar novas soluções. Para esta investigação optou-se por seguir a segunda linha, uma vez que a tecnologia aplicada na construção depende da figura do arquiteto, por meio dos conhecimentos obtidos no estudo da projeção.

A maior expressão da flexibilidade e adaptabilidade no contexto histórico ocorre logo após a Primeira Guerra Mundial e durante o Movimento Modernista. A destruição ocasionada pela guerra e a alta demanda por novas habitações, exigiram que as reconstruções fossem otimizadas e tivessem seus custos reduzidos (Davico, 2013). A flexibilidade foi utilizada como importante recurso para os grandes conjuntos habitacionais, que abrigavam a massa trabalhadora e que necessitavam de uma solução alternativa para as diferentes e numerosas famílias (Leupen, 2004).

No segundo Congrès Internationaux d'Architecture Moderne (CIAM), em 1929, foram debatidas as melhores soluções para padronizar os espaços reduzidos. Entre as soluções estava a introdução das noções de flexibilidade (Schneider; Till, 2007), como pretensão de tornar a habitação eficiente na distribuição das atividades cotidianas em uma área menor que as usuais.

Uma colaboração importante foi a casa Dom-ino (1914) de Le Corbusier. O sistema criado durante a Primeira Grande Guerra reflete a necessidade de uma construção rápida que substituísse as habitações danificadas. Com lajes e pilares de concreto armado, o sistema estrutural representa a utilização prática de um material econômico, ao mesmo tempo que estabelece a independência da estrutura (Harris, 1987).

Devido ao espaço reduzido, os elementos móveis como portas deslizantes, mobiliário dobrável e com rodinhas e armários embutidos foram algumas das

estratégias utilizadas (Brandão, 2002). Estes elementos são notados na Maison Loucheur (1928) de Le Corbusier na Figura 2.1. A casa transforma-se conforme as atividades praticadas, com divisórias e mobiliários dobráveis e móveis. O projeto está organizado em torno de um núcleo, com a casa de banho e uma cozinha fixa, que libera o uso do restante do espaço.

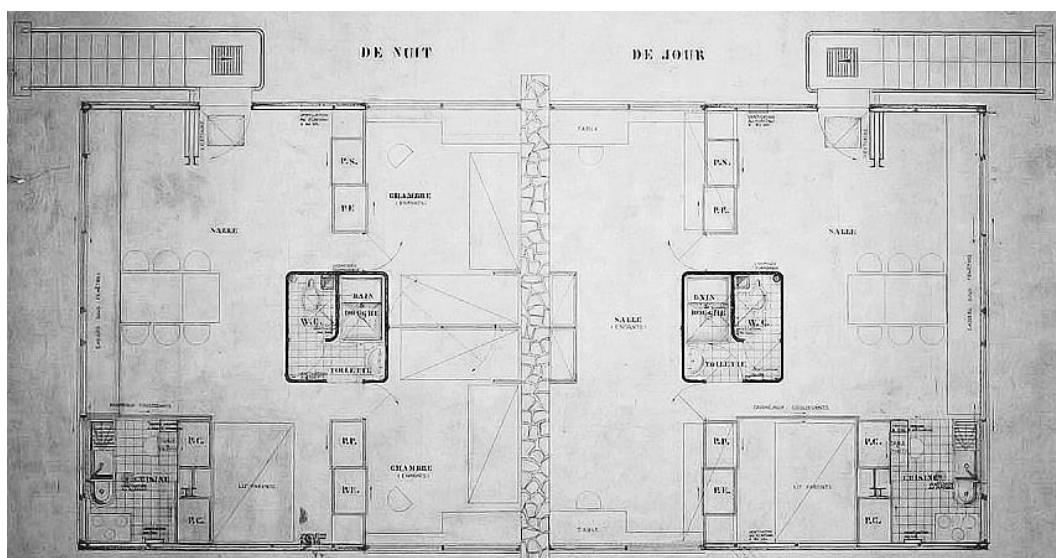


Figura 2.1 – Maison Loucheur (1928), comparação entre organização durante o dia e à noite.
Fonte: FLC, 2019.

Outra estratégia foram os compartimentos indeterminados, desenhados para serem mais neutros possíveis e ampararem variadas ocupações. A estratégia é vista no bloco de apartamentos multifamiliar Hufeisensiedlung, do ano 1925, de Bruno Taut e Martin Wagner, localizado na Alemanha (Figura 2.2). Com exceção da cozinha e da casa de banho localizados próximos ao acesso, os outros cômodos não possuem uma denominação ou atividade específica.

Os primeiros passos no desenho de uma planta livre manifestam-se em projetos residenciais como os apartamentos Weissenhofsiedlung (ano 1927) de Mies van der Rohe (Figura 2.3). Com estrutura em aço e divisórias leves, o apartamento pode ser dividido e organizado pelo usuário (Jorge, 2012).

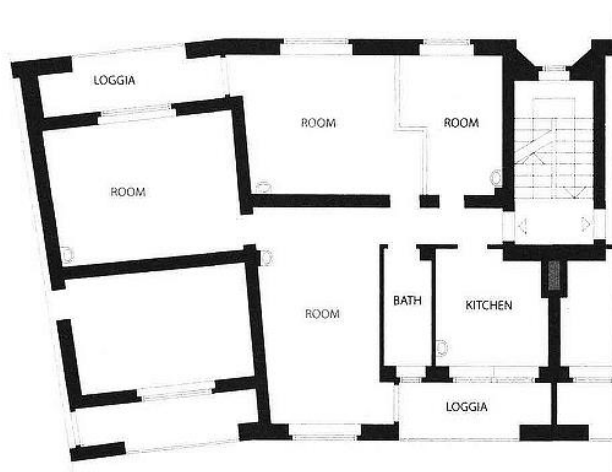


Figura 2.2 – Bloco de apartamentos Hufeisensiedlung (1925), indicação de espaços sem uso específico.

Fonte: Schneider; Till, 2007.

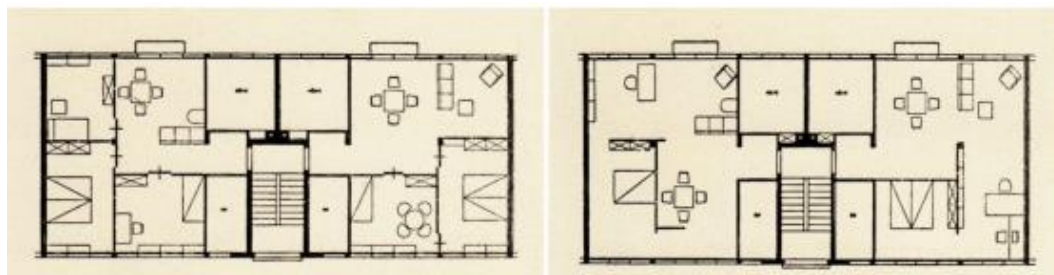


Figura 2.3 – Weissenhofsiedlung (1927), variação na divisão interna dos apartamentos.

Fonte: Jorge, 2012.

Frank Lloyd Wright igualmente aplica em seus trabalhos a liberdade dos espaços frente à estrutura e o terreno, que por consequência contribuiu para que planos informais e flexíveis fossem criados. Por volta de 1910, o arquiteto já alcança uma primeira ideia de planta livre nos seus projetos (Figura 2.4), proporcionando aos interiores maior autonomia no seu desenho. Na Robie House, o arquiteto esboça uma sala de estar e jantar separadas somente pela escada e lareira, praticamente como um espaço único que está separado formalmente da área de serviço. A casa tradicional japonesa, com suas divisórias leves e baixa hierarquia, assim como o arquiteto Mies van der Rohe foram algumas de suas inspirações (Giedion, 1982).

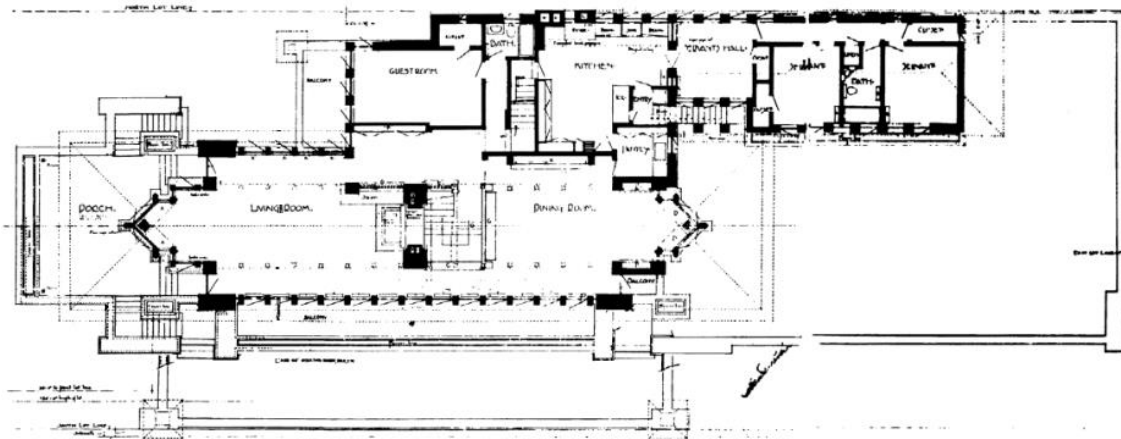


Figura 2.4 – Robie House (1910), planta baixa do primeiro pavimento.
Fonte: Hoffmann, 1984.

Nas décadas de 30 e 40, a pré-fabricação encontra na Segunda Guerra Mundial um contexto para difundir o processo industrial e ganhar destaque na construção. As evoluções tecnológicas aplicadas no combate transferem-se para outros setores da indústria. Com origem na concepção do automóvel e das linhas de montagem, a pré-fabricação tem por base a modularização e a possibilidade de adaptação à múltiplas soluções (Jorge, 2012; Davico, 2013). Le Corbusier, Walter Gropius, Jean Prouvé e Buckminster Fuller são alguns dos arquitetos que aplicaram a industrialização em seus projetos (Davies, 2005).

A Packaged House (1941) de Walter Gropius e Konrad Ludwig Wachsmann (Figura 2.5) configura um dos modelos que segue o conceito de linha de montagem, projetado para que as paredes externas e internas, pisos, tetos e coberturas pudessem ser combinados de diferentes maneiras (Jorge, 2012).

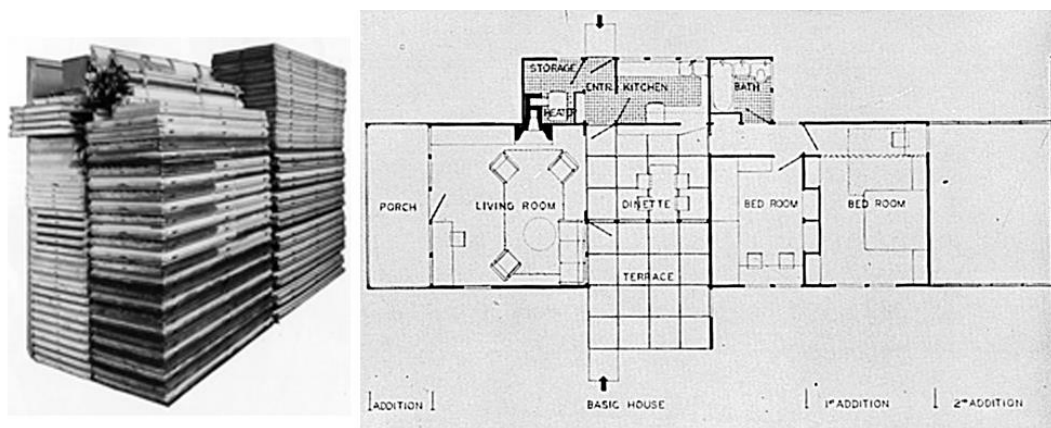


Figura 2.5 – Packaged House (1941), elementos de montagem e planta tipo.
Fonte: Imperiale, 2012.

Já a Dymaxion House, ou como seu protótipo ficou conhecido Wichita House (1945), de Buckminster Fuller, utilizava materiais metálicos e de complexa engenharia (Figura 2.6). Com uma visão interior de 360°, as instalações de infraestrutura ocupavam a área central que poderia mudar de posição para redimensionar os espaços, permanecendo somente as casas de banho fixas e centralizadas. A casa era composta por três mil peças e sua montagem durava cerca de dois dias (Davico, 2013).

Jean Prouvé contribui com o projeto de sistemas pré-fabricados voltados para minimizar o desperdício e maximizar os benefícios. Entre seus trabalhos estão o sistema Beaudouin, Lods, Prouvé, Strasbourg (BLPS), uma estrutura em peças metálicas (Figura 2.7) que foi apresentada na Exposition de l'habitation à Paris (1938) e as casa experimentais Meudon (1952) (Jorge, 2012).

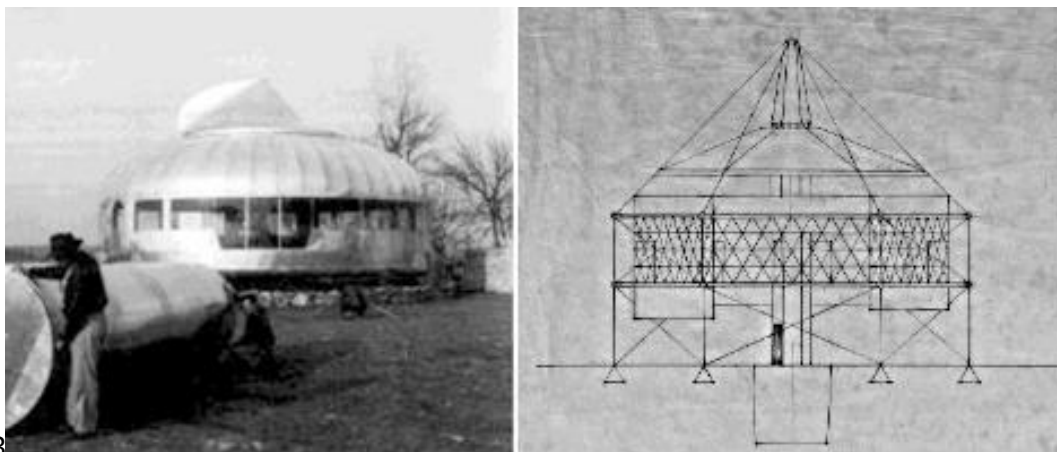


Figura 2.6 – Wichita House (1945), protótipo e projeto original.
Fonte: Davico, 2013; MOMA, 2019.

A partir da metade do século XX, ocorre uma resistência ao determinismo e funcionalismo da arquitetura Modernista (Forty, 2000), o que desencadeou uma revisão do uso dos espaços e da sistematização da construção, com foco na produção diversificada e na pluralidade de funções (Hill, 2003). As primeiras divergências ao Movimento Moderno surgem no VII CIAM em 1949, que se consolidaram no X CIAM, último evento representativo do movimento organizado pelo TEAM X (Fuão, 2000). O TEAM X era formado inicialmente por Jaap Bakema, Aldo van Eyck, Alison e Peter Smithson e Georges Candilis, um grupo de arquitetos destinado a reestruturar o CIAM.

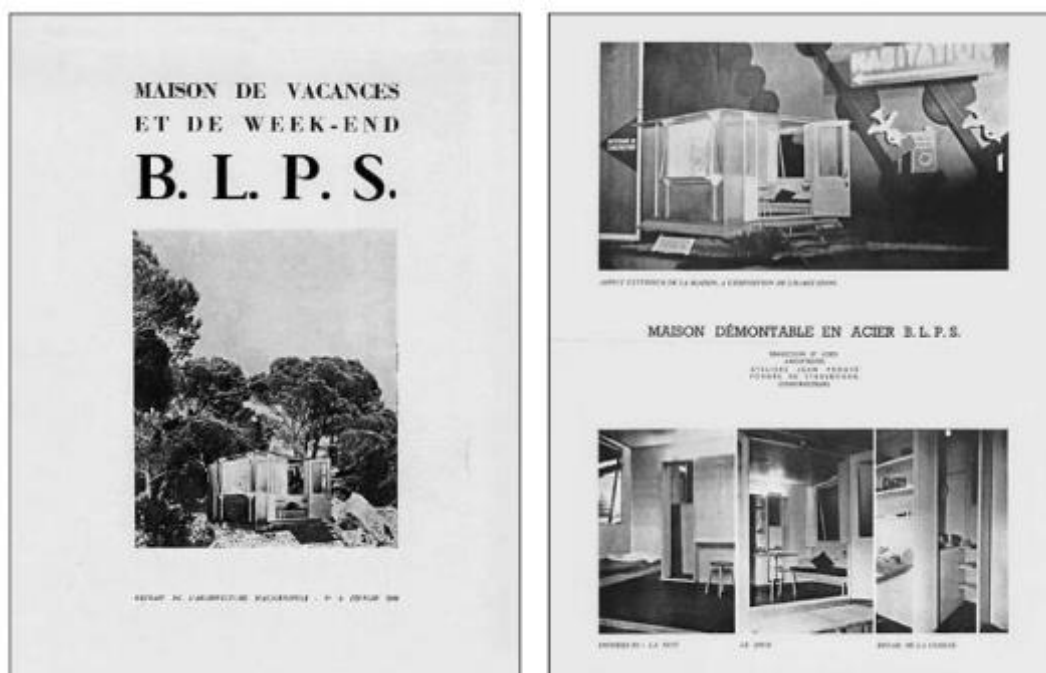


Figura 2.7 – BLPS (1938), protótipo.
Fonte: Seguin; Seguin, 2014.

Entre 1953 e 1981 alguns dos arquitetos deixaram o TEAM X e fundaram as bases do Estruturalismo (Davico, 2013). O estruturalismo teve início na linguística e depois foi transferido para outras áreas como a arquitetura. Com base nas estruturas permanentes que possuem significado e nos outros aspectos variáveis, nos pares binários como dentro/fora, natural/cultural, o estruturalismo influenciou arquitetos como Herman Hertzberger, Habraken e Aldo van Eyck (Söderqvist, 2011).

A divisão entre o variável e o invariável acaba por refletir indiretamente nos conceitos de flexibilidade e adaptabilidade na habitação. Entretanto, cabe ressaltar que os arquitetos Herman Hertzberger e Aldo van Eyck criticavam a adoção da flexibilidade, vista como a simples neutralização dos espaços (Hill, 2003). Hertzberger introduz, portanto, o conceito de polivalência a partir do qual um espaço pode abrigar diferentes usos sem sofrer respectivas modificações (Hertzberger, 1991). A partir do Estruturalismo, surgem outras manifestações arquitetônicas como o Novo Empirismo na Suécia, o Novo Brutalismo na Inglaterra e o Metabolismo no Japão (Fuão, 2000).

Em 1961 Nicolaas John Habraken e o grupo de investigação Stichting Architecten Research (SAR) apresentam um método de desenho para habitações adaptáveis que permitiam sua alteração independentemente das outras unidades do

edifício. O método, nomeado de Support and Infill, dividia-se em Support - os elementos ou estruturas sujeitas às decisões públicas/comunitárias - e Infill - os elementos controlados pelas decisões individuais e privadas. (Preiser, 2016).

Após a segunda guerra mundial, uma nova revolução ocorre nos meios de transporte e comunicação. Além disso, a conquista espacial, surgimento da robótica, surgimento dos computadores e a expansão do mercado de eletrodomésticos estava entre os elementos da revolução tecnológica (Silva, 2004).

O grupo de arquitetos do Archigram, fundado na década de 60, criava seus protótipos e projetos no campo da experimentação a partir da referência pop da televisão, rádio e revistas. Na tentativa de prever o futuro, suas propostas mesclavam a tecnologia espacial e ficção científica. Apesar de não estar centrado na construção da realidade em si, o grupo inspirou a discussão e reflexão sobre as novas tecnologias e transformações do período, por meio de soluções que aplicassem a flexibilidade, mutabilidade e efemeridade (Silva, 2004).

Como exemplo, o Living Pod Project (Figura 2.8) tratava de uma casa cápsula, de dimensões reduzidas e com compartimentos multiusos. A unidade poderia ser acoplada na estrutura urbana Plug-in City ou transportada para outras localidades.

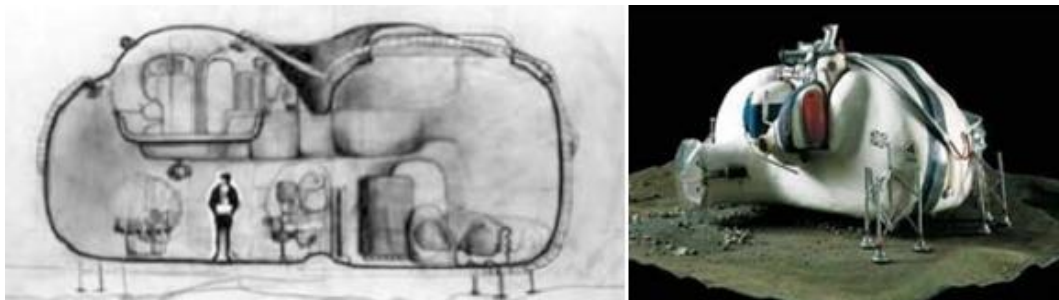


Figura 2.8 – Living Pod (1967), desenho original e maquete do protótipo.
Fonte: Silva, 2004.

No mesmo período, os Metabolistas Japoneses refletem sobre a cidade do futuro como megaestruturas flexíveis e adaptáveis para o crescimento da sociedade, baseado nos processos biológicos. Ciclos de troca, geração e destruição de tecidos expressavam sua filosofia de projetar a arquitetura. Entre seus projetos distingue-se a Torre Nakagin (1972), que por meio de uma torre central (Figura 2.9), a qual abrigava áreas comuns e tubulações, recebia módulos habitacionais que construía a forma da edificação (Becerra et al., 2011).



Figura 2.9 – Torre Nakagin (1972), composição e unidade residencial.

Fonte: Gjakun, 2015.

As ideias do arquiteto húngaro Yona Friedman tornaram possível a criação do Groupe d'Études d'Architecture Mobile (GEAM) de 1958 à 1962, que assim como os Metabolistas Japoneses eram uma reação ao CIAM. Friedman publicou seu manifesto *L'architecture Mobile* em 1957 (antes da formação do GEAM), recebendo respostas favoráveis de Le Corbusier e Buckminster Fuller. Em seu manifesto, Friedman tinha como base três princípios: as construções arquitetônicas deveriam encostar o mínimo possível no solo (Figura 2.10), serem desmontáveis e móveis e serem transformáveis conforme desejo do habitante (Busbea, 2007).

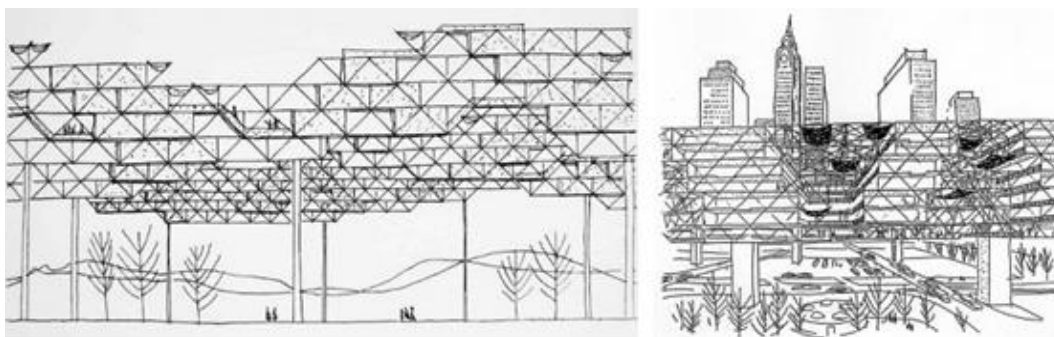


Figura 2.10 – Construção residencial e urbana conforme Yona Friedman (1957).

Fonte: Friedman, 1979.

Friedman acreditava que o papel do arquiteto era desenvolver as infraestruturas básicas do projeto e o habitante é quem daria a sua forma final, necessitando as construções serem sempre adaptáveis ao futuro e à evolução da sociedade sem que ocorresse sua demolição. O desejo do arquiteto era de uma sociedade democrática que através da tecnologia obtivesse um planejamento urbano de expressão e liberdade individual (Busbea, 2007).

Nas próximas décadas, após o contexto de significativo desenvolvimento tecnológico e manifestações arquitetônicas, torna-se evidente a participação do usuário no desenho da habitação. Independente das estratégias utilizadas, busca-se um equilíbrio entre o controle do arquiteto e o controle do usuário nas transformações da moradia. Um exemplo é o edifício experimental Linz Haselgraben de 1976 do arquiteto Werkgruppe Linz (Figura 2.11). A edificação era dividida em três “camadas”, nomeadamente estrutura, serviços e acabamentos individuais de acordo com os usuários. As camadas permitiam mais de um arranjo espacial, dimensões e inclusive a modificação de janelas e varandas (Schneider; Till, 2007).

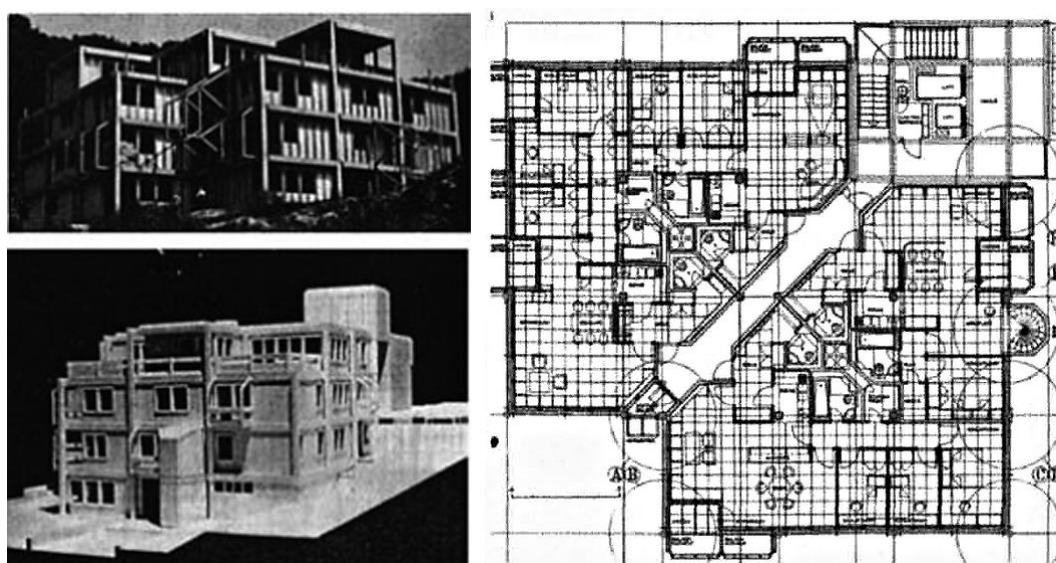


Figura 2.11 – Linz Haselgraben (1976), maquete e planta baixa.
Fonte: Schneider; Till, 2007; Abreu; Couret, 2013.

Em 1988 Frei Otto e Herman Kendell apresentam para a exibição Internationale Bau Ausstellung (IBA) um projeto de participação coletiva e open design chamado Ökohaus (Figura 2.12). O objetivo era proporcionar aos habitantes decidirem a configuração de sua casa, sem parâmetros de estilo, a partir de uma estrutura básica em concreto com três lajes distantes entre si em seis metros que permite a construção de uma entre-lajes (Giménez Arias, 2014).



Figura 2.12 – Ökohaus (1988), fachada e corte.
Fonte: van den Heuvel, 2010; Giménez Arias, 2014.

Na década de 90 e início do século XXI, em pleno desenvolvimento da era digital, a habitação reconfigura-se novamente, tanto pelas novas tecnologias quanto pelas novas reflexões sobre o usuário e seu ambiente. A habitação atinge uma nova escala que se relaciona com a cidade, valorizando-se os espaços coletivos e os sistemas abertos que permitem variadas combinações (Morais, 2018).

Como referência tem-se o projeto Next21 no Japão (1993) coordenado por Yositika Utida em parceria com treze arquitetos e a empresa Osaka Gas Company. O edifício de uso misto (Figura 2.13) possui dezoito unidades habitacionais diferentes distribuídas em seis pavimentos com circulações verticais e horizontais que se alteram em cada andar. As habitações conectam-se às áreas externas por varandas ou terraços e a cada cinco anos os programas arquitetônicos são reformulados para atender as novas necessidades dos usuários (Morais, 2018).



Figura 2.13 – Next 21 (1993), fachada e planta baixa terceiro pavimento.
Fonte: Moraes, 2018.

A flexibilidade e adaptabilidade continuam a evoluir em conformidade com os software de desenho digital, tecnologias de construção e a entrada de novos materiais, que colaboraram em atender os novos modos de morar. No século XXI, a industrialização, a robótica e as Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) ampliaram a integração da habitação com as múltiplas atividades de lazer, descanso e trabalho.

O projeto Domino.21 (2004), desenvolvido por José Miguel Reyes e os estudantes da Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid (ETSAM) na Figura 2.14, é composto de um sistema modular que combina verticalmente e horizontalmente módulos de habitação. As unidades, já previamente acordadas em projeto e materialidade, são pré-fabricadas e montada no local. As divisórias podem ser em madeira, policarbonato e metal (Gjakun, 2015). A habitação implementa a total personalização e industrialização dos módulos.



Figura 2.14 – Domino 21 (2004), fachada e plantas esquemáticas.
Fonte: González, 2015.

Na tentativa de otimizar pequenos espaços em cidades de alta densidade urbana, Gary Chang do escritório EDGE Design Institute criou em 2007 o apartamento Domestic Transformer em Hong Kong (Figura 2.15). Em 32 m² foram distribuídas todas as funcionalidades básicas de uma habitação, por meio de divisórias e mobiliários deslizantes. Os cômodos criam-se e desaparecem rapidamente com acesso simples por quem os utiliza (EDGE, 2018).



Figura 2.15 – Domestic Transformer (2007), interiores com mobiliário multifuncional.
Fonte: EDGE, 2018.

O Co-Housing, sistema de moradia criado na Dinamarca na década de 60, é outra importante solução para a falta de espaço nos centros urbanos. No projeto Moriyama House (2005) do escritório SANAA (Kazuyo Sejima e Ryue Nish) são aplicados espaços abertos e multifuncionais aliados ao co-housing, como visto na Figura 2.16 (SANAA, 2008).

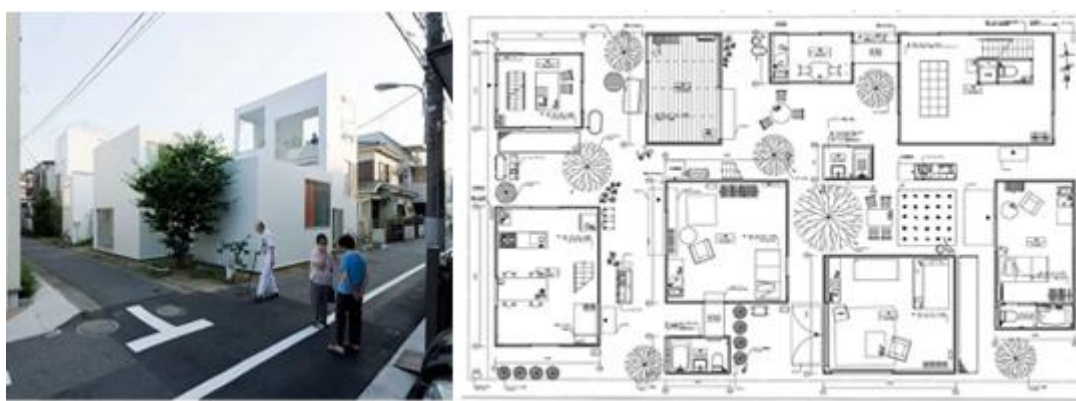


Figura 2.16 – Moriyama House (2005), composição de habitações.
Fonte: SANAA, 2008.

Com foco na robótica, Smart Home e Internet of Things (IoT) o escritório LAAB Architects projetou os interiores de um pequeno apartamento Small Home Smart Home (2016) localizado na zona central de Hong Kong, de modo a atender os requisitos do casal proprietário. Após um levantamento sobre as atividades do casal, o escritório sincronizou estruturas, componentes e mobiliários não estáticos com mínimas dimensões (Figura 2.17). Integrado a isto, foram utilizadas tecnologias que facilitassem a rotina dos residentes (LAAB, 2018).



Figura 2.17 – Small Home, Smart Home (2016), vários usos em um mesmo espaço.
Fonte: LAAB, 2018.

Com o suporte dos antecedentes da flexibilidade e adaptabilidade, percebe-se a influência das circunstâncias sociais e tecnológicas que envolvem cada período. O contexto histórico, com seus acertos e erros, construíram o conteúdo teórico e projetual que existe hoje. Assim como o histórico, é importante explorar o que vem sendo discutido no panorama recente (século XXI), de modo a criar uma noção consistente que inclui desenho, projeto, organização espacial e a percepção dos profissionais do setor da construção civil.

2.3 A inserção no contexto atual

Como forma de visualizar o contexto internacional da flexibilidade e adaptabilidade na habitação, foram levantadas publicações em periódicos científicos na língua inglesa com revisão por pares (foram desconsideradas publicações de eventos), publicadas no século XXI. A partir do conteúdo de cada publicação, foram determinados quatro tópicos principais para a flexibilidade e dois para a adaptabilidade, como visto na Tabela 2.1.

Tabela 2.1 – Tópicos abordados no contexto atual da flexibilidade e adaptabilidade.

Flexibilidade	Adaptabilidade
Aspecto Econômico e Orçamentário	Espaço Construído
Conjunto de Estratégias	Transformação do Espaço
Investigação Teórica	
Casos de Estudo	

Fonte: A autora.

No caso da flexibilidade, as publicações lidam, de modo geral, com as estratégias de aplicação da flexibilidade e técnicas de construção, sustentadas por projetos e ideias conceituadas de arquitetos. O universo diversificado explora o debate atual no meio acadêmico. Em comparação com a flexibilidade, existem

menos artigos que retratem nomeadamente a adaptabilidade. A adaptabilidade tem seu foco no debate entre o conceito e as condições para que o espaço se transforme. Portanto, reforça-se a ideia de que os conceitos são distintos e existe dificuldade para compreender como cada termo deve ser tratado.

2.3.1 Flexibilidade como aspecto econômico e orçamentário

O estímulo para a adaptação de estruturas, que se encontram em desuso, depende da avaliação da influência da flexibilidade nos custos da construção e da verificação dos benefícios a curto/longo prazo. A otimização dos espaços disponíveis é primordial nos grandes centros urbanos, os quais encontram-se cada vez mais compactados e verticalizados. Com respeito às infraestruturas da edificação, Slaughter (2001) argumenta a falta de planejamento para acomodar alterações ao longo do tempo, o que implica em custos de demolição (para a instalação de novos componentes) e no desperdício de materiais.

As infraestruturas sofrem alterações na função (atualização das funções atuais e incorporação de novas), na capacidade (modificação de cargas, condições e volume), e no fluxo (modificação no fluxo do ambiente, pessoas e objetos). Essas alterações dificilmente são programadas no momento da construção dos edifícios, o que dificulta sua troca para acomodar novos usos (Slaughter, 2001). Algumas estratégias de desenho garantem a flexibilidade das infraestruturas, conforme Tabela 2.2.

Tabela 2.2 – Estratégias de desenho para a flexibilidade.

Estratégias de desenho	
Reduzir interações entre sistemas	Dedicar área específica para infraestrutura
Reduzir interações intra sistemas	Favorecer o acesso à infraestrutura
Usar componentes intercambiáveis	Favorecer o fluxo
Aumentar previsibilidade do layout	Instalar os sistemas em fases
Aumentar acesso físico	Simplificar demolições parciais

Fonte: Slaughter, 2001.

Voltada para a porção técnica da construção, essas estratégias são facilmente incorporadas na fase de projeção, por meio da liberdade dos elementos, facilidade no acesso e agrupamento das zonas técnicas. A ideia é tornar todo o sistema de infraestrutura independente, frente aos outros componentes, de modo a

tolerar as incertezas de uso e atualizações tecnológicas. Slaughter (2001) ressalta que a antecipação no planejamento da flexibilidade afeta levemente os custos iniciais da construção, entretanto, gera economias na primeira renovação e o retorno do investimento é garantido. Apesar de aumentar o tempo total de obra, as estratégias reduzem a renovação e auxiliam a manutenção.

Além das estratégias, existem fatores e processos de tomada de decisão dos profissionais do setor da construção civil que envolvem a flexibilização das edificações. Na investigação de Israelsson e Hansson (2009) com empresas suecas, foram encontrados seis fatores que envolvem a flexibilização e reconhecido o poder de influência de sete tomadores de decisão, como visto na Figura 2.18.

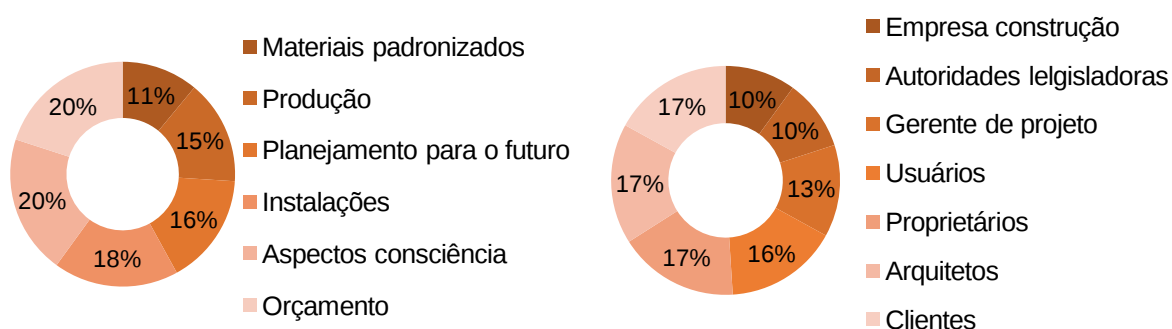


Figura 2.18 – Fatores de flexibilização e influência dos tomadores de decisão.
Fonte: Israelsson e Hansson, 2009.

O primeiro gráfico indica que os dois fatores que mais afetam a flexibilidade espacial são o econômico e a falta de consciência sobre o assunto. A correlação entre os dois fatores é evidente, já que a falta de consciência sobre as vantagens da flexibilidade acarreta o uso incorreto dos recursos econômicos para aplicá-la. Apesar do estudo ter sido conduzido na Suécia, pode-se afirmar, de modo geral, a falta de pesquisas orçamentárias profundas para amparar a escolha pela flexibilidade/adaptabilidade.

Provavelmente, a falta de interesse do mercado imobiliário sobre a questão poderia ser alterada com um quadro claro sobre os aspectos financeiros, ligados diretamente à consciência tanto de quem constrói como de quem utiliza a construção. No segundo gráfico, sobre tomada de decisão, os clientes, usuários, arquitetos e proprietários têm um peso equivalente, o que revela a importância de uma comunicação e antevisão projetual.

É evidente que alguns fatores têm um peso maior no desenho da habitação e a combinação dos fatores gera maior ou menor ênfase. Enquanto alguns têm efeito direto na flexibilidade, como os materiais e as instalações, outros dependem dos fatores humanos como personalidade, relacionamentos e interesses individuais, determinantes nas tomadas de decisões tanto das empresas como dos residentes (Israelsson; Hansson, 2009).

2.3.2 Flexibilidade como conjunto de estratégias

As estratégias para a flexibilidade, com suas finalidades e restrições, implicam na otimização de sua implementação e na melhoria do resultado final. O tipo de construção (redução de carga nos materiais e paredes sólidas), tecnologia (redução dos sistemas não acessíveis e não adaptáveis) e o uso do espaço (eliminação do funcionalismo modernista e dos cômodos com um único uso) devem ser rigorosamente considerados (Schneider e Till, 2005b).

Aumento na capacidade e liberdade de uso com menor especificação, estruturas que permitem fácil acesso para intervenção e manutenção, habilidade para prever futuros cenários e a divisão da habitação em layers (estrutura, envoltória, serviços, divisórias, acabamentos) são algumas das soluções encontradas nos projetos. Essas soluções fazem parte do panorama proposto por Schneider e Till (2005b) como uso brando/rígido e tecnologia branda/rígida,

Uso brando ocorre quando o usuário é o agente central na transformação do espaço. Como exemplos da investigação estão o projeto Britz em Berlim (1931) de Taut e Wagner, em que os cômodos possuem dimensões similares e uma zona de serviço, e a casa Weissenhofsiedlung em Stuttgart (1927) de Mies van Der Rohe, no qual o layout é delimitado apenas pelos pilares estruturais. Uso rígido ocorre quando o arquiteto é o agente principal⁴, que define como o espaço será utilizado ao longo do tempo. Exemplos incluem Maison Loucheur (1929) de Le Corbusier, que utiliza mobiliário e divisórias, e Schröder Huis (1924) de Rietveld.

Tecnologia rígida são as inovações produzidas e aplicadas especialmente para a flexibilidade. Esta categoria inclui o conceito proposto por Habraken (1972) e o Open Building. Tecnologia branda ocorre quando a tecnologia não prevalece sobre

⁴ Conforme as ideias de Schneider; Till (2005b).

a flexibilidade. Exemplos incluem o esquema Genter Strasse em Munique (1972) de Otto Steidle, Doris Thut, e Ralph Thut, em que estruturas pré-fabricadas são adaptadas pelos habitantes, e o esquema Brandhöfchen em Frankfurt (1995) de Rüdiger Kramm.

Schneider e Till (2005b) demonstram que a melhor opção é combinar tecnologia e uso brando, para assegurar independência e participação dos usuários na dinâmica da habitação. A discussão está em torno da diferenciação entre o que está pré-estabelecido e na liberdade de ação dos usuários. A ação a partir de quem usa o espaço está próxima de atender as necessidades do que uma ação indireta e rígida, da qual afunila as possibilidades.

Em um cenário semelhante, Cellucci e Di Sivo (2015) consideram a flexibilidade um excelente recurso para superar a obsolescência das construções, uma vez que absorve as constantes mutações da sociedade e tecnologia. As estratégias assumem uma classificação diferente na concepção da investigação, separada em quatro tipos, conforme a incerteza funcional do espaço: flexibilidade espacial em uma área fixa, flexibilidade espacial evolutiva, flexibilidade tecnológica relacionada com técnicas de construção e flexibilidade tecnológica relacionada com a fácil manutenção das instalações e infraestruturas.

“Flexibilidade espacial em uma área fixa” é a possibilidade de transformar o espaço interno sem alterar seu volume total, o qual requer zonas técnicas e espaços multifuncionais. “Flexibilidade espacial evolutiva” é a capacidade de o espaço expandir e contrair, aumentando sua vida útil. “Flexibilidade tecnológica relacionada com técnicas de construção” envolve a substituição de componentes fixos que não permitem modificação ou substituição. “Flexibilidade tecnológica relacionada com a fácil manutenção das instalações e infraestruturas” é a aplicação de componentes de fácil manutenção.

Os quatro tipos de flexibilidade dependem de três domínios: usuário, funcional, físico e processual. O domínio do usuário avalia os requisitos funcionais e psicológicos, o domínio funcional considera as características de projeto, o domínio físico compreende os aspectos espaciais que satisfazem o domínio funcional e o domínio processual enfatiza o uso de materiais e profissionais locais. O sistema de organização compreende o que pode ser feito desde os cômodos até a estrutura, assim como toda a edificação em si, para que a flexibilização seja alcançada. Não

somente na construção, a introdução da questão dos domínios integra outros aspectos que nem sempre são levados em conta.

No que trata o uso de elementos flexíveis na habitação, Živković et al. (2014) utilizam projetos para demonstrar componentes deslizantes, dobráveis e removíveis, assim como mobiliário flexível. A casa tradicional japonesa projetada por Kazuhiko e Kaoru Obayashi, a Schröder Huis de Gerrit Rietveld e a Maison Loucher de Le Corbusier são algumas das casas citadas como exemplo.

Variação na composição dos ambientes, falta de hierarquia dos cômodos e Open Building estão entre as estratégias identificadas para justificar a versatilidade dos componentes deslizantes, dobráveis e removíveis para a flexibilidade na habitação em conjunto com espaços multifuncionais. Živković et al. (2014) consideram os elementos flexíveis partes de um sistema complexo dos interiores da habitação, onde os contextos histórico, social e tecnológico são influenciados pelos estilos de vida coletivos e individuais.

Já Kim (2013) declara que a flexibilidade espacial contemporânea é relacionada com a sustentabilidade e mobilidade, com base na multifuncionalidade e polivalência. A flexibilidade multifuncional depende da modificação de propriedades espaciais e a antecipação de funções que atendem seus residentes. Sublinhando os princípios de Hertzberger (1991) e Rossi (1982), a investigação aborda três formas de desenhar a habitação: centrípeta, condensada e não-hierárquica, de acordo com o Tabela 2.3.

Tabela 2.3 – Formas de desenhar a habitação.

Tipo	Definição	Exemplo
Centrípeta	Espaço central sem funções fixas e com diferentes interpretações.	Mediterranean Houses Palladio's Villa European Post-War Housing
Condensada	Concentração de espaços específicos e mobiliário como na lavandaria, casa de banho, escadas.	Montessori school Polygoon Primary School (Hertzberger)
Não-hierárquica	Cada cômodo tem as mesmas qualidades espaciais e sem uma circulação específica. A circulação altera-se conforme o layout.	Nagatomi House Stadstheater Project (Sejima and Nishiwaza)

Fonte: Kim, 2013.

Essas formas são os precedentes da polivalência e consideram a adaptação como resultado da customização do usuário. O potencial do espaço é limitado pelas proporções, materiais e infraestruturas e as estratégias devem incluir indeterminação, multifuncionalidade, hierarquização, acessos e divisórias.

As três formas de organização citadas por Kim (2013) manifestam as soluções utilizados pelos arquitetos para facilitar a transformação, soluções que nem sempre são tão evidentes, mas que auxiliam na consciência em como são trabalhados os espaços. Portanto, o autor indica que os cômodos precisam ser bem equipados, mas suas afinidades e uso determinados pelos residentes. A questão é limitar a ação dos arquitetos no controle da flexibilidade e aumentar o poder de interpretação dos residentes.

No trabalho de Alkhansari (2018) são definidas oito táticas e princípios da flexibilidade:

- Planta livre – redução de elementos estruturais e maximização dos espaços;
- Módulos pré-fabricados – uso de elementos da construção em módulos;
- Espaços similares – cômodos com distribuição e acessos semelhantes;
- Unidades expansíveis – possibilidade de aumentar a unidade residencial;
- Inclusão de outras unidades - possibilidade de integrar outras unidades residenciais;
- Espaço em comum - espaço entre unidades adjacentes;
- divisórias móveis – possibilidade de integrar espaços; e
- mobiliário retrátil – aumentar o uso dos espaços.

As táticas dependem de três princípios: conexões simples, diversidade/multiplicidade de espaços e espaços multifuncionais. Os espaços devem permitir a conexão de forma simples para que possam ser unidos ou separados, aumentados ou reduzidos. A diversidade de espaço é a hierarquização da residência, com um espaço em maiores dimensões que conecta outros espaços com menores dimensões. Por fim, multifuncionalidade para abrigar o máximo de atividades.

2.3.3 Flexibilidade como investigação teórica

A crítica em torno da flexibilidade e da construção, racionalizando as consequências para as residências, envolvem tanto o universo projetual quanto o teórico, por meio de uma conexão entre o passado e o futuro da flexibilidade habitacional. Para identificar as vantagens da aplicação da flexibilidade, Schneider e Till (2005a) discutem a flexibilidade nos termos do Modernismo, orçamento, participação dos usuários, sustentabilidade e tecnologia.

No Modernismo, a pré-fabricação industrial e as modificações nos modos de vida foram os fatores responsáveis por instigar os arquitetos na concepção de construções que adaptassem aos seus usuários. Porém, o controle da funcionalidade e flexibilidade está centralizada somente nas mãos dos arquitetos. Na participação dos usuários, quando o espaço deve ajustar-se à rotina dos residentes, existe uma controversa quanta a personalização extremamente específica do layout, o que implica em significativas reformas para abrigar um novo residente.

Em relação à tecnologia, é importante diferenciar os espaços fixos dos alteráveis, mas sempre evitar que a tecnologia se sobreponha às questões de desenho e ocupação social, o que limita os modos de habitar. Por último, os aspectos orçamentários são estabelecidos pelo uso de sistemas, estratégias de serviço e princípios espaciais. A flexibilidade diminui as chances de a construção tornar-se obsoleta. Por isso, a satisfação do usuário deve ser considerada junto com o valor monetário.

Na Tabela 2.4 são apresentadas, de forma resumida, as vantagens do uso da flexibilidade para cada um dos termos discutidos por Schneider e Till (2005a). As questões levantadas por Schneider e Till representam o posicionamento de outros autores já identificados no Capítulo 2. O custo, desde que previamente planejado, não impacta vigorosamente o orçamento do projeto. Adicionalmente, a participação dos usuários assegura que não existam desperdícios no orçamento. Aliado ao estudo de novas tecnologias, os usos da habitação são simplificados.

Tabela 2.4 – Questionamentos sobre a flexibilidade.

Questão	Conclusão
Orçamento	Flexibilidade é econômica à longo prazo.
Participação	Habitação flexível encoraja o envolvimento do usuário durante projeto.
Tecnologia	Habitação flexível explora ou é determinada pelos avanços nas tecnologias de construção.
Uso	Habitação flexível adapta-se aos diferentes usos ao longo do tempo.

Fonte: Schneider; Till, 2005a.

Sobre a participação do usuário, Seo e Kim (2013) estudam as relações antropológicas do corpo humano com a sociologia do espaço construído, por meio do conceito da polivalência e da carência atual de visão espacial/social. Nenhum programa pré-determinado consegue lidar com as mudanças no comportamento humano, em outras palavras, a construção estática não acompanha as transformações do corpo. Considerando as Villas Palladianas, o sequenciamento cômodo a cômodo surge como forma de organizar um espaço flexível.

Cada cômodo suporta as atividades de seu adjacente, quando alinhado, o que permite aos habitantes moverem-se e interpretarem livremente. A polivalência alcança seu grau máximo quando o sequenciamento cômodo a cômodo é um círculo completo. Entretanto, Seo e Kim (2013) indicam esta proposta ser difícil de aplicada, já que o mobiliário requer contato com paredes e a cadeia em círculo exige no mínimo dois acessos por cômodo para estar completa.

O corredor restringe o contato e aumenta a privacidade, por separar as áreas públicas e privadas, o que torna a polivalência e a troca de uso impossível. Desprogramar rotas e providenciar dinâmica liberta a interpretação e o uso do espaço. A organização em sequência é observada no projeto da arquiteta Liesbeth van der Pol, localizado em Amsterdam (Figura 2.19).

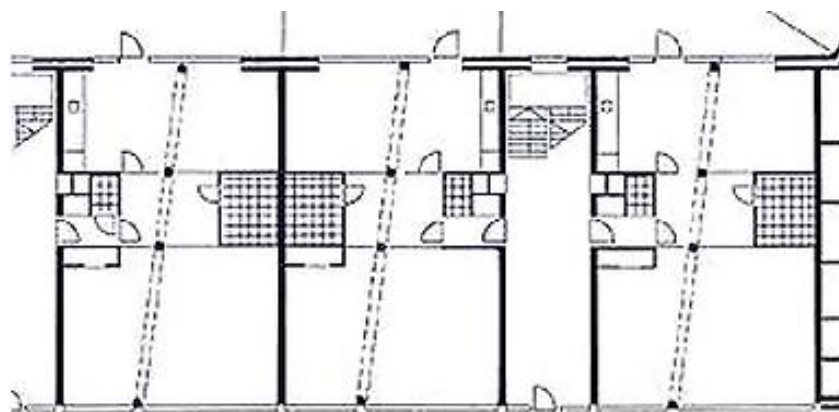


Figura 2.19 – Pieter Vlamingsstraat, sequenciamento cômodo a cômodo.
Fonte: AMA, 2013.

Seo e Kim (2013) demonstram uma nova perspectiva sobre a flexibilidade, ressaltando a figura do usuário como central na circulação dos espaços. A livre circulação acarreta a flexibilização e percepção de que os cômodos podem ser alterados conforme os critérios cotidianos.

Para examinar a agilidade, adaptabilidade e adequação nos projetos e as noções de flexibilidade e qualidade espacial, assim como estética, Sinclair et al. (2012) apropriaram-se do conceito Open Building. Flexibilidade espacial refere-se à capacidade de a estrutura espacial alterar-se. Com base na casa tradicional japonesa, nos conceitos do Stichting Architecten Research (SAR) e do Century Housing System, a flexibilidade espacial concede aos usuários liberdade para compor, construir e interpretar os espaços conforme sua necessidade. Divisórias deslizantes, dobráveis, retráteis, tombáveis e móveis dividem e alteram o espaço, enquanto o volume da edificação deve ser explorado em todas as direções pelo fluxo, dinâmica e interação.

Flexibilidade funcional é a competência para versatilidade e multifuncionalidade, como é notado no projeto de Rietveld, ciclos dia/noite de Mies van der Rohe e no Kodan Experimental Project, onde planos e volumes são mutáveis através de mobiliário, acessórios e ajustes. Na flexibilidade funcional, três aspectos são fundamentais: programa, produtividade e valor. Mais de um programa deve ser planejado para um mesmo espaço e a produtividade incrementada por meio de ciclos dia/noite, alterações no número de ocupantes e requerimentos das atividades criadas. O valor diz respeito à prioridade dos ocupantes e do impacto nos modos de vida, estendendo para viabilidade projetual e econômica.

Flexibilidade estética é a capacidade de alterar geometricamente a forma e identidade. A flexibilidade estética deve criar caráter e qualidade de expressão ao alterar forma/fachada, em concordância com o contexto e personalidade dos residentes e com o uso de tecnologia digital e cibernética. Inovações tecnológicas e científicas, interesse na comunidade e balanço entre standardização e interpretação individual devem ser avaliadas.

Sinclair et al. (2012) enfatizam que a flexibilidade funcional e estética deve atuar coletivamente em harmonia para absorver as mudanças da edificação. É sugerida a integração do desenho, planejamento, sítio, estrutura, interiores, infraestruturas, usuários/usos, flexibilidade e adaptabilidade. Ainda, os profissionais da construção civil deveriam utilizar três conceitos: responsivo, ressonante e resiliente.

Responsivo corresponde a elasticidade da envoltória, estrutura e interior, que responde ao ambiente e usuários pela geração de energia a partir de recursos renováveis. Ressonante qualifica a relação entre interior e exterior e entre aspectos espaciais, funcionais e estéticos. Resiliente é a capacidade de adaptar-se para futuras alterações, reduzindo custos e desperdícios. Enquanto a flexibilidade se concentra na questão do espaço, esses três conceitos representariam a relação entre espaço e usuário.

2.3.4 Flexibilidade por meio de casos de estudo

Os casos de estudo permitem visualizar as melhores práticas projetuais e explorar os pontos chave que geram resultados coerentes. Independente da época a que pertence a edificação estudada, é determinante correlacionar o exemplo com a situação atual e como progredir a partir daquela ideia. Por exemplo, Dhar et al. (2013) avaliam as adaptações realizadas por diferentes núcleos familiares no layout original das casas de Khulna em Bangladesh.

Há uma conexão entre a renda das famílias e da frequência em que as casas são alteradas. Os proprietários de renda média e média-baixa alteram suas casas entre 5 e 10 anos enquanto os proprietários de alta renda alteram a cada 20 anos. As adaptações comuns acontecem de acordo com o mercado imobiliário de aluguel, transformações no estilo de vida, estrutura familiar e avanços tecnológicos.

As principais razões para a modificação de layout encontram-se na Figura 2.20. As porcentagens mais altas estão ligadas à variação no número de pessoas (variação na estrutura familiar, acomodação extra de indivíduos) e função (negócios, comércio e outros não claros na pesquisa). As modificações ocorrem frequentemente nos espaços considerados genéricos e nos de serviço, incluindo banheiros e cozinha.

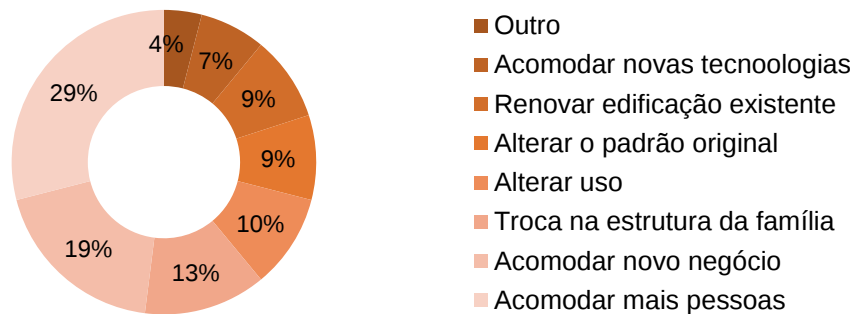


Figura 2.20 – Razões para a modificação de layout.
Fonte: Dhar et al., 2013.

A relação entre o resultado do gráfico e a classe social revela que os usuários de renda inferior não possuem um habitat adequado as suas necessidades, o que acontece em países como o Brasil, onde o “encaixotamento” de projetos sociais e de habitações “simples” não levam em conta a dimensão das famílias e os elementos culturais de cada local. Portanto, a transformação das habitações ocorre com maior frequência neste grupo quando comparada com os usuários de maior renda, que possuem condições de construir conforme seus desejos e encontrar imóveis adequados.

Dhar et al. (2013) sugerem que os princípios de Habraken et al. (1986), support/infill e zone/margin, e de Hertzberger, espaços polivalentes, devem ser aplicados no desenho mais flexível da habitação. As atividades privadas requerem maiores dimensões e maior permanência em contrapartida às atividades específicas, que ocorrem em um período menor. Portanto, os espaços são dimensionados de acordo com o seu uso e de acordo com aspectos culturais e de rotina.

Em um contexto diferente, Montellano (2015) retrata um estudo sobre a Casa de Las Flores construída em 1931 e projetada pelo arquiteto Secundino Zuazo em

Madrid. Foram estudados 18 apartamentos que, ao longo dos anos, apresentaram 12 modelos de organização e 21 configurações diferentes (Figura 2.21).



Figura 2.21 – Casa de Las Flores (1931), usos dos apartamentos do levantamento.
Fonte: Milla et al., 2003 e Montellano, 2015.

Essas configurações representam alterações no núcleo familiar, tendências domésticas e demandas de uso profissional dos habitantes. Todos os cômodos dos apartamentos foram utilizados pelo menos uma vez como sala de estar e, em alguns casos, os apartamentos foram adaptados para uso comercial (profissionais liberais), o que demonstra a versatilidade do projeto (Montellano, 2015). Foram observadas ainda junções ou divisões de cômodos na maioria dos apartamentos.

O artigo exemplifica, por meio destas transformações, as oportunidades criadas pela baixa hierarquização e a indeterminação dos espaços no projeto, o que possibilita seus usuários explorarem diferentes possibilidades de ocupação. A única restrição da Casa de Las Flores é a impossibilidade da conexão entre os cômodos no sentido transversal, devido à existência de uma parede estrutural.

Retratando dois casos de estudo Holandeses, Raviz et al. (2015) examinam diretrizes para o desenho de uma habitação flexível. O primeiro caso de estudo é o apartamento Vroesenlaan (Figura 2.22) projetado por van den Broek em Rotterdam (1935). O apartamento foi sistematizado conforme o ciclo de atividades dia/noite dos residentes, composto de quatro dormitórios com área total de 72 m². O apartamento modifica-se com portas deslizantes e camas embutidas em armários.

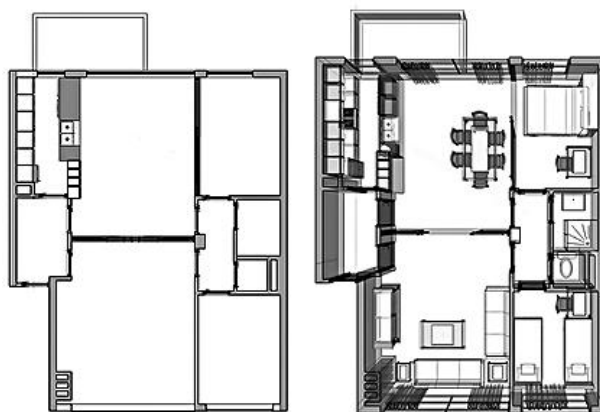


Figura 2.22 – Apartamento Vroesenlaan (1935).
Fonte: Raviz et al., 2015.

O segundo caso de estudo é o apartamento Bergpolder (Figura 2.23) de Willem van Tijen em Rotterdam (1934). O bloco possui 72 flats e uma área de 50 m² considerados confortáveis apesar de suas pequenas dimensões. O apartamento também se encontra sistematizado no ciclo de atividades dia/noite.

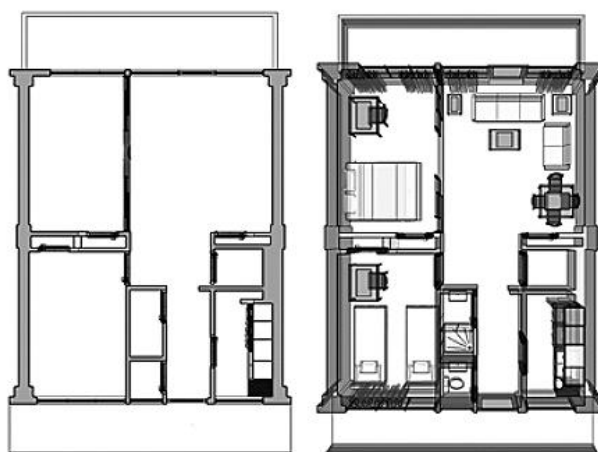


Figura 2.23 – Apartamento Bergpolder (1934).
Fonte: Raviz et al., 2015.

Nos dois projetos, considerados semelhantes, o ciclo de atividades cria opções e concede movimento, devido à dinâmica e autonomia dos espaços. Existe um trabalho de separar os espaços estáticos, no caso desses projetos a cozinha e a casa de banho, dos espaços dinâmicos, a sala de estar/jantar e pelo menos um dos dormitórios como espaço multifuncional com acesso indireto.

Os apartamentos incorporam as atividades ao variar suas conexões sem alterar a forma geométrica total, por meio de portas e divisórias deslizantes e outros

elementos flexíveis. Em ambos casos de estudo são perceptíveis as alternativas na composição do layout, porém, cabe ressaltar, dentro da limitação que essas portas e divisórias permitem.

2.3.5 Flexibilidade - conclusões

O levantamento aqui proposto busca providenciar uma visão atual sobre a flexibilidade habitacional. A partir da literatura, foram categorizados 13 artigos (Tabela 2.5) e discutidos diferentes aspectos da flexibilidade, como elementos técnicos, econômicos e projetuais. A maioria das publicações (08 no total) estão concentradas entre os anos 2012-2015, apenas quatro entre 2001-2009 e apenas uma no ano 2018. Isso reflete a recente valorização da flexibilidade, propícia para as transformações dos modos de vida em pequeno e longo prazo.

Tabela 2.5 – Artigos flexibilidade conforme ano de publicação.

Autor	Categoria	Autor	Categoria
Slaughter (2001)	Aspecto econômico e orçamentário	Kim (2013)	Estratégias flexibilidade
Schneider e Till (2005a)	Investigação teórica	Seo e Kim (2013)	Investigação teórica
Schneider e Till (2005b)	Estratégias flexibilidade	Živković et al. (2014)	Estratégias flexibilidade
Israelsson e Hansson (2009)	Aspecto econômico e orçamentário	Cellucci e Di Sivo (2015)	Estratégias flexibilidade
Sinclair et al. (2012)	Investigação teórica	Montellano (2015)	Casos de estudo
Dhar et al. (2013)	Casos de estudo	Raviz et al. (2015)	Casos de estudo
		Alkhansari (2018)	Estratégias flexibilidade

Fonte: A autora.

Em relação à categorização, os artigos dos “aspectos econômicos e orçamentários” pertencem somente aos anos anteriores à 2009. Esta distribuição representa o incentivo do período, por meio de justificativas monetárias que apoiam as vantagens da flexibilidade. Após 2009, os artigos igualmente citam indiretamente os aspectos econômicos, entretanto, existe maior consciência sobre a flexibilidade devido a sua ligação com a sustentabilidade, que estende o ciclo de vida da edificação e promove a reciclagem.

Nos artigos recentes, as metodologias e teorias que aprimoram a flexibilidade espacial são priorizadas, as quais exploram novas tecnologias e materiais que contribuem para a qualificação da habitação. Apesar das publicações da categoria “casos de estudo” nem sempre tratarem de projetos recentes, aperfeiçoamentos técnicos do que foi utilizado o passado são investigados.

No geral, flexibilidade é definida como a capacidade de o espaço adaptar-se funcionalmente ou estruturalmente para as constantes mudanças dos seus usuários, incluindo questões sociais, sustentáveis e econômicas. Para ser flexível, a habitação pode estar organizada como um espaço multifuncional, indeterminado ou polivalente. Elementos tecnológicos, infraestruturas, e componentes genéricos são fundamentais na construção, em conjunto com a avaliação da dinâmica e conexão entre os cômodos e o núcleo familiar.

Os motivos para o uso da flexibilidade são justificados pela obsolescência da construção (quando não se encaixa na sociedade atual), recursos econômicos, sustentabilidade, bem-estar, mudanças constantes culturais, escassez de terrenos e personalização. As estratégias mais mencionadas são a indeterminação e generalização do espaço, estrutura independente e modular, hierarquização dos cômodos, conexão entre os cômodos, zonas técnicas e de serviço, fácil acesso para manutenção, divisão entre áreas permanentes e impermanentes e o uso de divisórias e mobiliário móveis.

A bibliografia (referencial teórico) explorada nos artigos é relativamente homogênea. Habraken é um dos autores mais citados. O livro “Supports: An Alternative to Mass Housing” (Habraken, 1972) e o Sistema implementado pela (SAR) são referenciados como uma das estratégias essenciais para a flexibilidade (Habraken et al., 1986). Com base no livro e no sistema, as metodologias de Dhar et al. (2013), Schneider e Till (2005b) e Živković et al. (2014) foram integrados na construção e reflexão contemporânea.

O conceito Open Building referenciado por Kendall e Teicher (2000), é considerado uma evolução do Support e Infill de Habraken (Schneider; Till 2005b; Živković et al., 2014 e é caracterizado pela divisão em elementos e espaços, que compreendem a participação do usuário e de múltiplos profissionais. Schneider e Till foram a segunda referência mais citada, com seu livro Flexible Housing (Schneider;

Till, 2007) ou seus artigos *Flexible Housing: Opportunities and Limits* (Schneider; Till, 2005a) e *Flexible Housing: The Means to the End* (Schneider; Till, 2005b).

A menção de Schneider e Till se deve provavelmente ao aprofundamento que foi dado ao tema nas suas publicações e levantamentos. Hertzberger e a teoria da polivalência, publicada pela primeira vez no livro *Lessons for Students in Architecture* (Hertzberger, 1991) também é frequentemente citada como essencial para a fundamentação de outras teorias. No tocante aos arquitetos mais mencionados, diversos protótipos, projetos e construções foram reportados. Uma pequena relevância foi dada aos projetos de van der Rohe (apartamentos em *Weissenhofsiedlung*, Residential Complex), Hertzberger (*Polygoon Primary School*, *Montessori School*), Habraken, e a *Schröder Huis* de Rietveld.

Em contraste com Hertzberger e Habraken, projetos dos quais são baseados em princípios teóricos (polivalência, support, infill), van der Rohe e Rietveld são referenciados devido às inovações aplicadas em seus trabalhos. Estas inovações são marcadas pelos materiais empregados, layout e ciclo de rotinas diárias, qualidade da habitação, divisões e elementos modulares. A maioria dos protótipos, projetos e construções exploradas nos artigos pertencem ao século XXI. Curiosamente, as décadas de 20, 30, 70 e 90 do século XX são igualmente frequentes. Alegadamente, projetos da década de 20 e 30 são expressivos referente ao Movimento Modernista, que buscou criar um paradigma por meio da simplificação e racionalização da construção.

As décadas de 70 e 90 estão inseridos no contexto do progresso tecnológico, em que o aprimoramento dos sistemas da construção foram enfatizados. Após analisar todo o universo dos artigos revisados, alguns pontos justificam a baixa implementação da flexibilidade. Apesar de haver investigações como a de Slaughter (2001) que demonstram a viabilidade e baixo custo do desenho flexível, as informações e variáveis utilizadas para calcular o custo variam consideravelmente.

A condição econômica dos setores da construção é diferente em cada país e região, concomitante com os materiais usados e legislação. Entretanto, a maioria das habitações, independentemente de sua localização, eventualmente alteram-se ao longo do tempo. Desse modo, uma avaliação deve ser feita em cada caso para selecionar as melhores condições dentro das limitações existentes. Outra questão é a falta de integração do projeto com a construtora ou proprietário, que não possuem

consciência no planejamento à longo prazo ou organização da vida útil das componentes do edifício. Adicionalmente, as vantagens e desvantagens da flexibilidade, que vão além dos custos, não são bem disseminados.

A flexibilidade continua centralizada na decisão do arquiteto, que “programa” os espaços e antecipa os cenários e situações da família. A diversidade do núcleo familiar e da cultura torna difícil compreender a relação social com os espaços, o que insinua que a centralização na participação do usuário é fundamental para se obter sucesso. A habitação deve ser considerada como um local de constante adaptação que precisa de flexibilidade para transformar-se. Uma perspectiva interessante obtida por esta revisão é que as teorias e estratégias aplicadas no passado devem ser revistas e atualizadas, ao invés de buscar-se novos pensamentos sobre o tema.

Para isto, deve-se aumentar a investigação nas inovações tecnológicas que transformam os espaços, como visto nos artigos de De Paris e Lopes (2016, 2017), onde são apresentadas perspectivas do que as inovações podem trazer para a flexibilidade. Por fim, o desenvolvimento de uma metodologia que avalia a flexibilidade além de seus custos e que considera geometria, acessos, infraestruturas, estrutura, proporções, divisões e envoltória.

2.3.6 Adaptabilidade como espaço construído

Os aspectos da adaptabilidade na construção se conectam com a percepção do conceito e da aplicação prática, o que depende diretamente da integração entre os profissionais. Com base no setor da construção civil do Reino Unido, Pinder et al. (2013) apresentam dois gráficos esquemáticos (Figura 2.24 e Figura 2.25) sobre custos e investimento.

O primeiro gráfico (Figura 2.24) ilustra as melhores escolhas para a adaptabilidade considerando o custo e seus benefícios. São notáveis as estratégias referentes às transformações do espaço consideradas básicas, como estrutura modular e zona técnica, independentemente do custo associado. Seus benefícios já seriam conhecidos e definidos como “consolidados”. Os outros benefícios atuam como uma previsão, não garantindo o retorno futuro do investimento.

Apesar de os profissionais serem a favor da adaptabilidade, os custos e os clientes são um obstáculo. Planejar cenários e convencer os clientes a praticar a

adaptabilidade, assim como convencer os investidores que sempre desejam um retorno rápido do investimento, é uma barreira significativa. Entre as vantagens, foi apontada a possibilidade de alterar o desenho original durante a construção ou logo após seu término (Pinder et al. 2013).

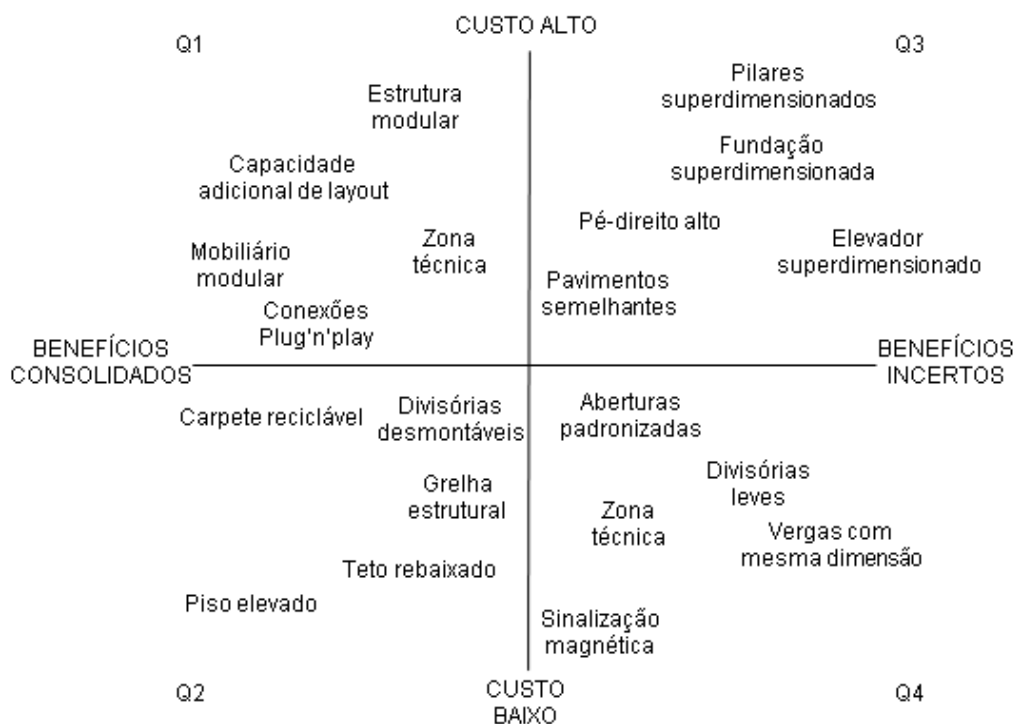


Figura 2.24 – Custos x Benefícios para a adaptabilidade.
Fonte: Adaptado de Pinder et al., 2013.

Outra questão aparente é a fragmentação entre os profissionais e o ciclo de vida da edificação. A falta de sincronização e os conflitos de interesse estimulam ações que se sobrepõem. Pinder et al. (2013) demonstram no segundo gráfico (Figura 2.25) a influência dos profissionais no investimento em adaptabilidade e respectivo benefício.

É visível que os responsáveis economicamente, pela construção e por seu uso, são os que recebem os melhores benefícios. Os envolvidos no planejamento da obra são igualmente influenciadores, porém sem benefícios, uma vez que estão envolvidos somente no planejamento e desenho. Desse modo, o conflito entre quem paga e recebe os benefícios pode impedir a adaptabilidade. Acredita-se que os materiais e sistemas atuais são menos duráveis, quando são modificados periodicamente, e incorretamente aplicados. Consequentemente, é identificada uma

falha no compartilhamento de boas soluções, já que não existe uma avaliação após a construção.



Figura 2.25 – Influência profissionais x benefícios para a adaptabilidade.

Fonte: Adaptado de Pinder et al., 2013.

Complementando os motivos para a adaptabilidade, Manewa et al. (2016) reforçam que as edificações não adaptáveis se tornam obsoletas, exigindo consideráveis reformas para evitar demolições. Com foco na sustentabilidade, os ciclos de vida da construção deveriam ser empregados para discutir a adaptabilidade com foco na flexibilidade, elasticidade e desmontabilidade.

Para demonstrar na prática as alterações nas edificações, um estudo realizado na cidade de Liverpool identificou, no centro comercial da cidade, cinco usos (residencial, comercial, industrial, social e lazer) no período de 100 anos. As maiores alterações foram na funcionalidade e nos aspectos físicos (tamanho, forma, localização). Entretanto, menos de 12% das construções tiveram alterações físicas (extensões horizontais e verticais, relocação e substituição). A troca de uso ocorreu a cada seis anos nos últimos 25 anos (Manewa et al., 2016).

A partir disso, constatou-se que apesar do custo inicial ser maior, a adaptabilidade traz benefícios para os profissionais e residentes, com retorno de investimento conforme a redução dos custos de manutenção. Manewa et al. (2016) comentam que a adaptabilidade reduz o período de ociosidade, assim como facilita

a remodelação do uso da edificação. Os materiais precisam ser de boa qualidade, com maior durabilidade, e é necessária uma certificação para alavancar a sustentabilidade (com alguma vantagem econômica). Na perspectiva social, a adaptabilidade permite que as edificações não permaneçam longos períodos sem uso, excelente para o bem-estar da comunidade no entorno da edificação.

2.3.7 Adaptabilidade como transformação do espaço

Compreender como o espaço pode ser transformado e como os habitantes apropriam-se da sua habitação é fundamental para discutir a adaptabilidade na habitação. Minami (2007) realiza uma pesquisa sobre a habitação multifamiliar Tsurumaki-3, uma das primeiras construções do KEP (Kodan Experimental-housing Project), desenvolvido no Japão a partir de 1973, com o objetivo de desenvolver habitações flexíveis e adaptáveis. É investigada a adoção pelos residentes dos conceitos aplicados originalmente no projeto, através da modificação dos apartamentos, principalmente pelo sistema de divisórias KEP.

A divisória KEP permite que a sala de estar ou o dormitório sejam aumentados, por meio do seu deslocamento móvel. Além de divisória, o sistema também serve como mobiliário para armazenamento. Existem 12 modelos de habitação, divididas basicamente nos tipos A (Figura 2.26), B e C, onde o tipo C é o único que não possui o sistema de divisórias do KEP. Cerca de 36,8% dos residentes do tipo A e 50% do tipo B realizaram modificações em seus apartamentos, comparados com 1,1% do tipo C.

O sistema KEP demonstra como um elemento multifuncional une ou separa ambientes, enriquecendo o uso do espaço onde está inserido. Entre as desvantagens, estão a sua espessura, que ocupa razoavelmente o local, porém a possibilidade de armazenamento busca compensar o prejuízo. Outro aspecto ressaltado na investigação é o fato de algumas partes mecânicas e isolamento acústico já estarem comprometidas, o que exige manutenção constante dos seus usuários.

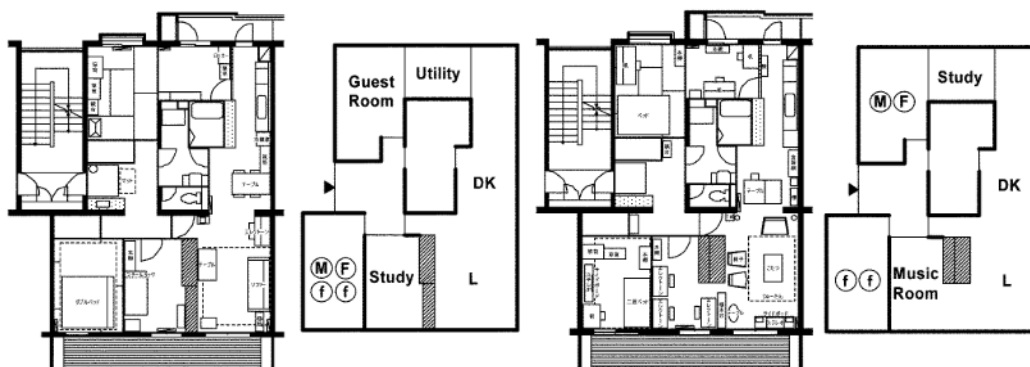


Figura 2.26 – Planta baixa tipo A construção KEP, demonstração de uso da divisória.
Fonte: Minami, 2007.

Em outras circunstâncias, Nadim (2016) investiga o conceito da habitação/trabalho no Egito, quando a residência e o trabalho acontecem em uma única propriedade. Com exceção de alguns projetos habitacionais do governo, nos últimos 60 anos esses tipos de projetos tiveram problemas financeiros e de layout, o que incentivou a modificação das plantas originais pelos habitantes.

A maioria das edificações governamentais no Cairo tem áreas entre 60 e 70 m², dois ou três dormitórios e núcleo familiar de cinco pessoas. Nas habitações informais, as áreas são menores que 40 m² e as áreas de serviço reduzidas ao mínimo, sem que qualquer regulamento seja seguido, resultando em espaços sem iluminação ou circulação de ar adequados. As estruturas e as fachadas não possuem tratamento apropriado Nadim (2016).

A falta de espaço gera a necessidade de multifuncionalidade (Figura 2.27), especialmente no hall de entrada, quartos das crianças e circulações. As atividades praticadas em cada cômodo definem seu uso. A maioria dos pisos térreos das edificações governamentais foram transformadas para outros usos não residenciais, porém, as atividades comerciais não são apreciadas pelos residentes, devido ao barulho, odores, sobrecarregamento da infraestrutura e falta de estacionamento, entretanto representam a flexibilidade e adaptabilidade das construções.

É notável a carência de uma habitação condizente com os seus usuários, os espaços que, por exemplo, deveriam servir somente como circulação, acabam por receber funções como depósito ou recebem eletrodomésticos como máquina de lavar e freezer.

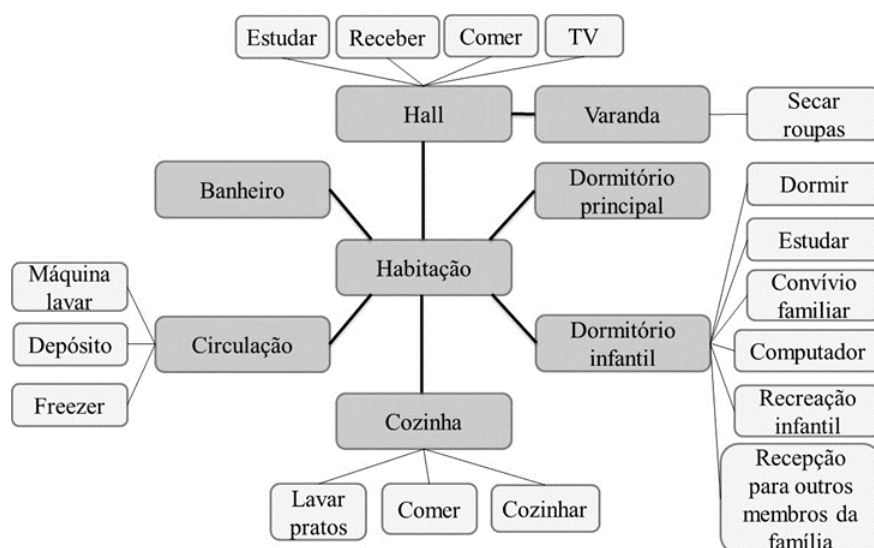


Figura 2.27 – Especificação de atividades e uso dos espaços em habitações no Cairo.
Fonte: Nadim, 2016.

Na Finlândia, Huuhka e Saarimaa (2018) investigam o potencial de adaptação das habitações multifamiliares finlandesas construídas nas décadas de 60 e 70 em pré-moldado de concreto. Inicialmente, a investigação retrata que as habitações em massa visavam a flexibilidade, extensão e mobilidade. Entretanto, esses objetivos foram abatidos pelo governo e permaneceram os ideais de habitações funcionalistas e modernistas.

Um levantamento das dimensões e distribuição dos diferentes tipos de habitação em massa na Finlândia, assim como a distribuição dos tipos de habitantes possibilitou a verificação dos layouts dessas habitações e como modificá-las para produzir habitações maiores por meio da integração de dois apartamentos. São apresentadas possibilidades de conexões verticais, com a inserção de escadas, e conexões horizontais, com a derrubada de paredes (Huuhka; Saarimaa, 2018).

Conforme a investigação, aumentar os modelos de habitação possui vantagens para o maior acesso e menor a segregação, mantendo pessoas que já vivem no local. As demolições acontecem normalmente nas habitações sociais, o que obriga as pessoas a irem embora. A diversificação de modelos enriquece, e o objetivo das políticas sociais para diminuir a segregação buscam isso.

2.3.8 Adaptabilidade - conclusões

O levantamento resultou em cinco artigos (Tabela 2.6) que revelam atributos da adaptabilidade em conjunto com peculiaridades sociais, técnicas e econômicas.

Tabela 2.6 – Artigos adaptabilidade conforme ano de publicação.

Autor	Categoria
Minami (2007)	Transformação do espaço
Pinder et al. (2013)	Espaço construído
Manewa et al. (2016)	Espaço construído
Nadim (2016)	Transformação do espaço
Huuhka e Saarimaa (2018)	Transformação do espaço

Fonte: A autora.

Entre os anos pesquisados (2000 e 2018) houve uma distribuição anual relativamente homogênea. Nos anos anteriores a 2013, somente foi localizado um artigo dentro dos parâmetros estabelecidos para esta pesquisa. Isso ocorre provavelmente devido à recente expansão da preocupação da falta de espaço nas grandes cidades e na obsolescência dos existentes, sendo a adaptabilidade uma solução que promove a sustentabilidade e diminui o risco de desperdício dos materiais.

Outra justificação, para a distribuição anual, seriam as circunstâncias em torno das definições de adaptabilidade, que são confundidas com a flexibilidade. Observa-se igualmente que existe uma quantidade considerável de artigos que tratam da conversão de edifícios existentes para outros usos (Heat, 2001; Shipley et al., 2006; Langston et al., 2007; Wilkinson et al., 2009; Bullen; Love, 2011; Misirlisoy; Günçe, 2016).

Como exemplo, uma edificação originalmente de escritórios que é convertida para habitação por meio de adaptações em sua estrutura, fachada, infraestruturas e divisórias internas. Esses artigos tratam principalmente das vantagens e desvantagens em termos econômicos e não abordam a adaptabilidade em si, portanto, optou-se por não os explorar já que não são o foco desta investigação.

A conexão entre flexibilidade e adaptabilidade varia para cada autor, podem ser similares ou totalmente opostos. Nota-se que a adaptabilidade tem uma relação próxima à definição de alteração seja fisicamente, espacialmente, tecnicamente ou socialmente. Sustentabilidade e vida útil são igualmente pertinentes, já que a

adaptabilidade é um recurso importante para diminuir o impacto ambiental e prolongar o uso do existente. Modularidade e acessibilidade são os dois artifícios técnicos mais citados para promover a adaptabilidade, em que a acessibilidade está relacionada com zonas técnicas ou acessibilidade universal.

Entre as razões para aplicação da adaptabilidade estão as mudanças sociais, econômicas e técnicas, com ênfase para as atividades do usuário. Outra razão é a encorajar a sustentabilidade e evitar a obsolescência ao permitir renovações técnicas e estruturais. A adaptabilidade incentiva o desenvolvimento de técnicas inovadores e sistemas duráveis. Assim, os custos para renovação diminuem e a construção ganha valor.

Em relação ao conceito de adaptabilidade, os artigos o relacionam com modificações funcionais e espaciais. É ressaltada a importância da padronização e modularização das componentes da construção, como a divisão em sistemas, elementos e layers que facilitam manutenção e atualização. As estratégias da adaptabilidade incluem cômodos multifuncionais, organização espacial, múltiplos acessos e circulação, formato e dimensões dos espaços, mobiliário móvel e excesso na capacidade estrutural.

Nas referências bibliográficas dos artigos, há uma significativa frequência dos autores Schneider e Till, Habraken, Brand e Kendall. Essas referências contêm definições e especificações essenciais sobre a flexibilidade e adaptabilidade. O que ressalta a dificuldade em separar os dois termos sem causar equívocos nas suas definições. Tatjana Schneider e Jeremy Till destacam-se pelas publicações *Flexible Housing: Opportunities and Limits* (Schneider; Till, 2005a), *Flexible Housing: The Means to the End* (Schneider; Till, 2005b) e o livro *Flexible Housing* (Schneider; Till, 2007). Apesar de tratarem de flexibilidade, essas publicações empregaram semelhantemente a adaptabilidade.

O livro *Supports: An Alternative to Mass Housing* (Habraken, 1972) e o *Open Building* são frequentemente associados pela citação de Stephen Kendall (Kendall, 1999; Kendall; Teicher, 2000). São inclusos a concepção de layers de Stewart Brand (1994), no livro *How Buildings Learn*, as definições de Groak (1992) e Friedman (1979) sobre adaptabilidade e os custos associados no trabalho de Slaughter (2001).

CAPÍTULO 3

TECNOLOGIAS NA

CONSTRUÇÃO DO ESPAÇO

HABITACIONAL

As noções conceituais e históricas da adaptabilidade e da flexibilidade possuem vínculo com a evolução da tecnologia de construção e o tipo de transformação gerado nos espaços⁵. A tecnologia está presente nos materiais e nos processos de construção, assim como na conciliação da arquitetura com outras áreas, principalmente com as engenharias. O processo de evolução da tecnologia apresenta um desdobramento histórico paralelo ao da flexibilidade e adaptabilidade, o qual contribui para as inovações disponíveis atualmente⁶.

O presente capítulo descreve o contexto histórico da tecnologia na construção e identifica as tecnologias do século XXI direcionadas para a flexibilidade e adaptabilidade na habitação. Compreender a conexão entre as questões da história da tecnologia e da construção influenciam o modo como interagimos com o espaço no presente.

3.1 Contexto histórico

Nos primórdios da história da construção, os materiais provenientes da natureza eram pouco manufaturados e utilizados em um estado quase bruto, como a pedra, a madeira e a terra. A forma do material, já que pouco trabalhada, condicionava o aspecto final do que seria construído. Apesar de já existirem técnicas construtivas, as limitações na extração e lapidação eram consequência da falta de ferramentas apropriadas.

Emmitt (2013) afirma que até a Idade Média, a arquitetura das construções era representada por sua forma, e apesar da Renascença ter apresentado um progresso, a tecnologia da construção somente tornou-se expressiva a partir da Revolução Industrial. O avanço na tecnologia ainda não era traduzido pelas mãos do arquiteto, mas sim pelo engenheiro.

O desenho arquitetônico baseava-se nos materiais disponíveis e na habilidade dos profissionais com seus processos de construir. Conforme Duarte (1999), na antiguidade a técnica era apenas uma intermediária entre o conceito e o objeto final. Com o advento da Revolução Industrial, a técnica passou a ser o agente

⁵ Duarte (1999) e Kowaltowski et al. (2019).

⁶ Schmidt III; Austin (2016).

principal e as máquinas potencializaram a produção, aplicadas por pessoas que não tivessem conhecimento prévio.

A construção antes baseada somente na experiência prática, no decorrer do tempo, fundamenta-se cada vez mais no estudo científico, seja na resistência dos materiais, aperfeiçoamento, análise estrutural, conforto ambiental, tecnologias da informação e comunicação (Sebestyen; Pollington, 2003).

A partir da segunda metade do século XVIII e início do século XIX, a utilização em larga escala do ferro e vidro nas construções correspondia aos novos métodos de produção, que permitiram aumentar a quantidade e qualidade desses materiais. A melhoria da produção estendeu-se igualmente para a madeira (uso da laminação a vapor) e o tijolo, aliado ao desenvolvimento dos transportes (Kühl, 1998).

Com a descobertas de Abraham Darby e Benjamin Huntsman foi possível produzir em larga escala elementos de ferro fundido, como os pilares e as vigas de ferro da tecelagem Philip & Lee em Manchester (1801) projetada por Boulton & Watt (Bruna, 1976). Entre os exemplares do período estão o Palácio de Cristal de Paxton (1851), que tirou partido da modularização para criar peças que pudessem ser montadas e desmontadas, e a Galerie d'Orléans no Palais Royal de Percier e Fontaine (1825), conforme Figura 3.1. As novas possibilidades de uso desses materiais foram apresentadas durante os dois séculos nas Grandes Exposições Universais.



Figura 3.1 – Palácio de Cristal (1851) e Galerie d'Orléans (1825).
Fonte: Pile, 2005; PMC, 2020.

No final do século XIX, a produção dos materiais se torna maciça e o foco industrial se converte para a estocagem, contrapondo a ideia inicial de atender somente a demanda do mercado (Ågren; Wing, 2013). O uso do concreto armado, aço e vidro geram novos elementos e discussões na criação da arquitetura. As novas estruturas sociais e as novas cidades criam um contexto para o surgimento dos movimentos Werckbund, Arts and Crafts e o Modernismo (Duarte, 1999).

O aprofundamento da Bauhaus no estudo funcional dos objetos, de modo que a produção em massa fosse concisa e prática, a influência do trabalho de Le Corbusier, *Towards a New Architecture* (1923), e a criação do CIAM (1928) repercutem na forma de construir (Sebestyen; Pollington, 2003). As construções demonstravam as possibilidades plásticas dos novos materiais e incorporação dos meios tecnológicos na cultura moderna (Duarte, 1999). A participação de arquitetos como Walter Gropius, Mies van der Rohe, Frank Lloyd-Wright e Le Corbusier na implementação do que se produzia na época, resultou em edifícios mais leves e com inovações no modo como eram construídos (Ågren; Wing, 2013).

O aprimoramento de estruturas em concreto, que agora atingiam vãos maiores, pelos engenheiros Pier Luigi Nervi e Spaniard Eduardo Torroja (Figura 3.2) propiciou a produção de grandes estruturas de cobertura, tanto em concreto quanto em aço (Ågren; Wing, 2013). O uso da pré-fabricação em elementos metálicos foi experimentado por Jean Prouvé em parceria com Lods e Beaudoin, entretanto, o material que fascinou o período foi propriamente o concreto armado (Bruna, 1976).

Após a Segunda Guerra Mundial, os avanços tecnológicos voltados às batalhas entram no cotidiano da sociedade. O rádio e a transmissão televisiva, que representavam a instauração da eletricidade nas cidades, alteraram a percepção do espaço urbano e da circulação de informações no tocante à habitação (Duarte, 1999). No contexto de grandes estruturas e da circulação de informações, surgem o Archigram e os Metabolistas Japoneses que utilizavam a robótica para criar superestruturas urbanas.

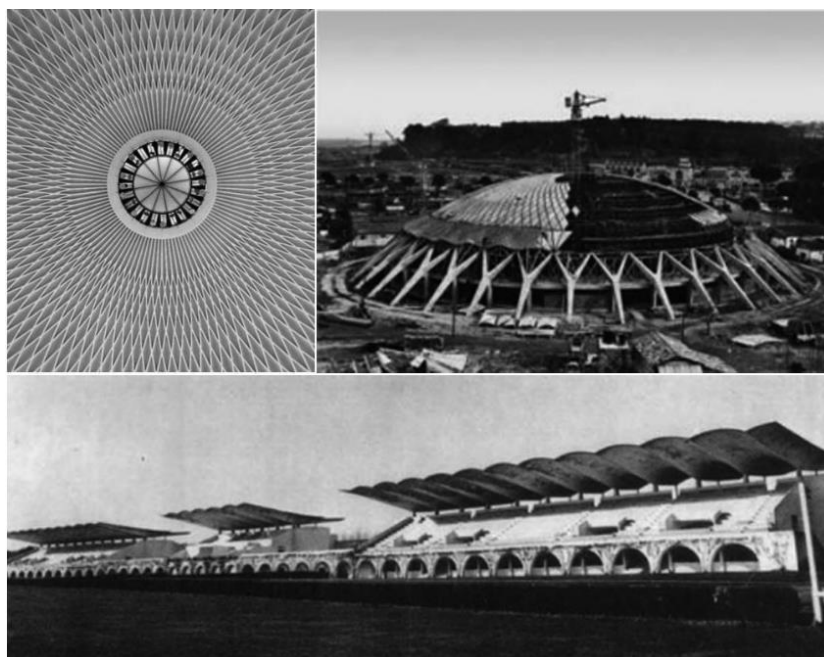


Figura 3.2 – Palazzetto dello Sport (1957) e Hipódromo de La Zarzuela (1941).
Fonte: Iori; Poretti, 2015; Andrews, 1988.

Konrad Wachsmann e Buckminster Fuller distinguem-se pelos seus trabalhos com pré-fabricação e métodos de montagem (Figura 3.3). O uso da modularização e da pré-fabricação pode ser visto na 4D Tower de Fuller (1929) e no sistema Domino (1914) de Corbusier (Ågren; Wing, 2013). Fuller acreditava na intenção interação entre homem e máquina, projetou carros e estruturas portáteis com conhecimentos de aerodinâmica (Duarte, 1999).

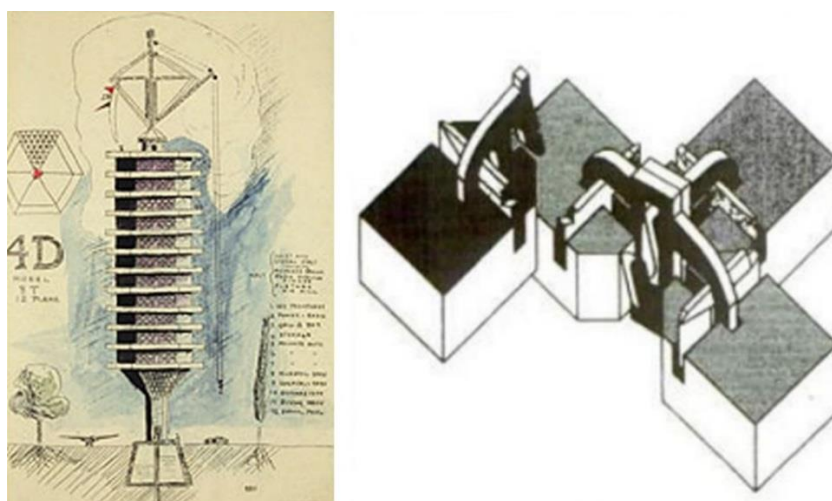


Figura 3.3 – 4D Tower de Fuller (1929) e esquema estrutural Wachsmann (1924).
Fonte: Gannon, 2017; Sinopoli; Tatano, 2002.

Conforme Banham (1980), logo após 1950 sociologia e tecnologia eram considerados os determinantes da forma nos projetos arquitetônicos. Ciência e tecnologia somente se envolviam com a arquitetura como uma justificação estrutural e pouco auxiliavam na sua organização. Havia conflito nos serviços de infraestrutura como iluminação e condicionamento térmico, que não conseguiam aliar-se aos sistemas estruturais.

Em uma contraposição ao Modernismo, existia a crença de que o usuário deveria ter liberdade de escolha na programação de seu habitat. Ocorre um deslocamento da standardização para os kits – faça você mesmo – (Figura 3.4) com peças intercambiáveis e personalizáveis (Duarte, 1999). Impulsionadas pelas tecnologias, os novos modos de habitar e funcionalidades exigiam novas soluções arquitetônicas e estruturais.

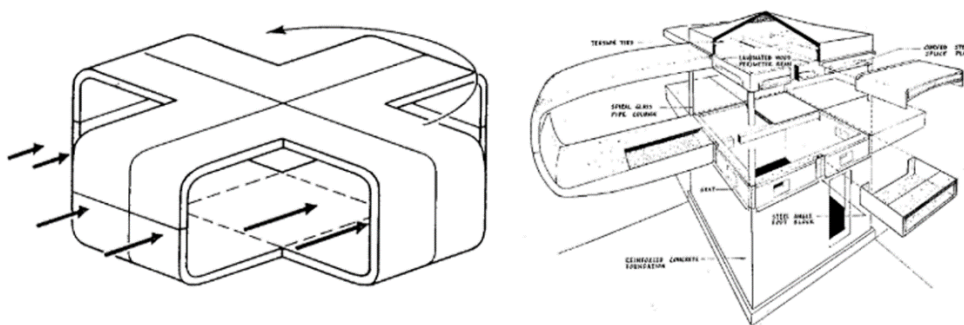


Figura 3.4 – Estrutura “faça você mesmo” concebida por arquitetos do MIT (1956).
Fonte: Colomina et al., 2004.

A entrada de tecnologias eletrônicas estabelece uma nova dimensão, por meio dos ambientes digitais e as redes de informação através da internet. As informações não são mais criadas para um meio específico como o rádio e a televisão, modificando a interação entre o usuário e os ambientes. A habitação agora é uma interface digital com máquinas e usuários, sem restrições ao espaço físico, que se conecta com a cidade e o mundo (Duarte, 1999).

A introdução dos software altera o modo de projetar e a arquitetura é criada a partir da linguagem de programação (Braham; Hale, 2007). Na década de 90, pesquisadores exploram os espaços que respondem aos seus usuários, otimizando os ambientes. De acordo com Yiannoudes (2016), a intenção de usar a cibernética na arquitetura já vinha sendo proposto por Andrew Rabeneck, Gordon Pask, Charle Eastman e Taki Zenetos.

No final do século XX e início do século XXI, surgem as estruturas com movimento cinético (Kinetic Structures) e componentes adaptáveis (Adaptive Systems) controlados por computador, como visto na Figura 3.5 nos projetos Milwaukee Art Museum (1997) de Santiago Calatrava e o teatro Bengt Sjostrom Starlight (2003) do Studio Gang Architects (Yiannoudes, 2016).

As estruturas são investigadas e desenvolvidas por grupos de pesquisa como Kinectic Design Group do Massachusetts Institute of Technology (MIT), Hiperbody do Delft University of Technology (TU Delft) e Adaptive Systems Lab do Eidgenössische Technische Hochschule Zürich (ETH Zurich).



Figura 3.5 – Milwaukee Art Museum (1997) e Bengt Sjostrom Starlight (2003).
Fonte: Calatrava, 2020; Killory, 2013.

Lelieveld (2013) categoriza em sua investigação a evolução das tecnologias em função da adaptabilidade e complexidade dos meios aplicados. Conforme a ordenação da Tabela 3.1, fica claro a transformação do uso da tecnologia do meio físico para o digital.

Tabela 3.1 – Evolução da tecnologia.

Tipo	Controle	Performance	Tecnologia requerida
Flexível	Manual-mecânico	Monofuncional	Sistema mecânico
Ativo	Manual-elétrico	Monofuncional	Energia e sistema
Dinâmico	Sensor	Monofuncional	Sensor e sistema
Interativo	Sistema e interface usuário	Monofuncional	Sensor, Sistema e interface
Inteligente	Sistema e interface usuário	Multifuncional	Sistema ubíquo
Smart	Ubíquo	Multifuncional	Inteligência artificial

Fonte: Lelieveld ,2013.

A classificação divide-se basicamente em duas fases, onde a primeira, entre flexível e dinâmico, encontram-se as tecnologias mais básicas e que dependem mais da ação humana para a sua configuração e direcionamento. Na segunda fase, entre interativo e smart, o computador e a robótica trabalham com uma programação que permite a interação e o cruzamento de dados pela própria máquina.

Na segunda fase, pode-se citar os trabalhos de investigação dos grupos de pesquisa Interactive Architecture Lab da University College London (UCL), Advanced Architecture Group do Institute for Advanced Architecture of Catalonia (IAAC) e o Media Lab do MIT.

Os materiais e tecnologias Smart têm afetado tanto o processo de projeção quanto da construção em si, com um poder de resposta aos estímulos e situações. Conforme Mohamed (2017), os materiais Smart possuem propriedade luminísticas, térmicas, magnéticas, mecânicas e químicas, transformando-se na sua forma e alterando suas características.

Para se compreender o papel dessas novas tecnologias na arquitetura são apresentados os produtos e protótipos que o mercado vem desenvolvendo. Os produtos apresentados estão vinculados com a adaptabilidade da habitação, refletindo-se no modo como alteram a noção de adaptabilidade contemporânea.

3.2 Tecnologias aplicadas ao espaço

Os divisores verticais da edificação, sejam eles paredes de alvenaria ou divisórias leves, representam a porção dos planos que definem bidimensionalmente os espaços da habitação. Os divisores verticais delimitam os tipos, as dimensões e as relações da casa, fundamentando a sua organização (Snyder; Catanese, 1984, pg. 152). Na envoltória da edificação, configuram a relação dos cômodos com o ambiente exterior, que em conjunto com as aberturas, alteram a experiência do usuário por meio dos visuais e da insolação/ventilação. Uma vez que os espaços são estabelecidos e os elementos são inseridos no seu interior (revestimentos, mobiliário), criam-se as relações entre o local e seus usuários (Ching, 2012).

A tecnologia de construção utilizada nos divisores verticais, como grandes planos organizadores, podem restringir ou potencializar a adaptabilidade. A escolha das melhores soluções é essencial na etapa de projeto. Cabe analisar qual

tecnologia é a mais adequada para cada situação e como pode ser alterada ao longo do tempo, em razão de não existir uma solução universal.

Na técnica, os divisores verticais atuais são distribuídos em assentamento de bloco ou tijolo com argamassa, colagem, encaixe, dispositivos gerais de fixação (parafusos, pregos, buchas e guias metálicas) e painéis pré-fabricados. Para definir o grau de adaptabilidade em cada um desses sistemas, é preciso analisar o custo e tempo de instalação, tipo de mão-de-obra requerida (nível de especialização), manutenção, quantidade de entulho gerado e possibilidades de adaptações.

As paredes em alvenaria são um dos sistemas mais utilizados, principalmente com a mecanização do tijolo cerâmico no final do século XIX, com fácil acesso econômico e execução relativamente simples (Campbell; Pryce, 2005). Semelhantemente o bloco de concreto, que surgiu após o uso do cimento Portland em 1845 (Salvador Filho, 2007). Quando utilizadas como paredes de fechamento/vedação, a alvenaria exige tempo significativo para que a transformação ocorra. É necessário ter discernimento sobre o tipo de modificação a ser realizado e sua integração com os subsistemas elétricos/hidrossanitários e de outros elementos construtivos, o que pode limitar as suas alterações. No caso das alvenarias estruturais, a adaptabilidade é praticamente inexistente, uma vez que desempenham o papel de estrutura da construção.

Com a evolução da industrialização, houve um movimento dos materiais mais pesados e de instalação totalmente manual para divisórias mais leves e pré-fabricadas, as quais agilizaram o tempo de obra e são mais abertas para a modificação. Além do desenho de uma simples parede, as divisórias móveis, que integram ou dividem dois cômodos, permitiram uma nova perspectiva sobre as relações dos espaços. Entre eles estão o gesso acartonado, as divisórias de vidro, metálicas e de madeira, assim como os painéis de aglomerado ou Medium-Density Fiberboard (MDF), que podem conformar um elemento opaco/transparente ou ainda vários elementos compositivos vazados.

Por exemplo, o gesso acartonado possui pouco peso, gera paredes mais finas, é montado com diversas formas e recebe revestimentos. Uma parede em gesso gera menos entulho e demanda menor tempo de execução quando comparado com uma alvenaria tradicional, além de permitir fácil acesso às instalações de infraestruturas acondicionadas no seu interior. Observa-se que o

mercado da construção civil opta por utilizar alvenarias e materiais mais pesados (mesmo que industrializados) na envoltória das edificações e no seu interior aplicar divisões mais leves e pré-fabricadas, as quais agilizaram o tempo de obra e são mais abertas para a modificação. O desafio é manter nas divisórias o conforto térmico e acústico encontrados em materiais mais robustos.

Os processos de automação, avanços nas Tecnologias de Informação (TI) e Internet das Coisas (IoT) incitaram arquitetos e designers a produzir novos produtos, em parceria com outros campos profissionais. No protótipo Wallbot (Figura 3.6), produzido no Responsive Architecture Lab (RAD Lab) nos Estados Unidos, são empregados materiais transformáveis, robótica e modelagem computacional. A divisória retrátil abre e fecha por meio de sensores e mecanismos providos de sistemas eletrônicos e cinética. O sistema opera conforme as configurações do seu usuário e pode ser acoplado a outros módulos (De Paris; Lopes, 2016; RADLab, 2018).



Figura 3.6 – Wallbot (2011).
Fonte: RADLab, 2018.

O painel Adaptive Fritting™ (Figura 3.7), concebido pela Adaptive Building Initiative (uma associação entre os escritórios Buro Happold e Hoberman Associates) para a University Graduate School of Design, opera como divisória de vidro dotada de layers, com padrões gráficos dinâmicos, que controlam a sua transparência. Os padrões permitem que ocorra uma variação entre totalmente opaco e transparente, ao passar por vários níveis de visibilidade orientados por controle motorizado (De Paris; Lopes, 2016; Hoberman, 2018).



Figura 3.7 – Adaptive Fritting (2009).
Fonte: Hoberman, 2018.

A Universidade Técnica de Delft (TUDelft), através do grupo de pesquisa Hyperbody, criou o projeto URhouse (Figura 3.8) em parceria com Michael Perez, com o objetivo de tornar um apartamento de 50m² adequadamente confortável. De modo a criar espaços e atividades, o grupo produziu uma parede controlada por um aplicativo no Smartphone, que se deforma e transforma em mobiliário (Hyperbody, 2018).



Figura 3.8 – URhouse (2013).
Fonte: Papez, 2018.

Em uma linha similar, o projeto CityHome do Media Lab (MIT) desenvolveu uma divisória que acopla funções como iluminação, mobiliário e entretenimento (Figura 3.9). A divisória possui sensores e motor executados por comandos de voz e gestos, movimentando-se e transformando-se para modificar o espaço em que está inserida (CityHome, 2018). Um produto semelhante é comercializado pela empresa Ori Living (Ori Living, 2018.)



Figura 3.9 – City Home (2011).
Fonte: CityHome, 2018.

É notável o aperfeiçoamento dos materiais, por meio de processos industriais, impressora 3D (ICON, 2020) e da nanociência e nanotecnologia, que em conjunto com a ciência dos materiais investe no aumento da resistência, durabilidade e no incremento das propriedades do que é utilizado na obra. Diferenciando-se pelos materiais utilizados, o Softwall/Softblock (Figura 3.10) do Molo Studio (Stephanie Forsythe e Todd MacAllen), inseriu no mercado divisórias trabalhadas em papel e padrões geométricos que permitem elaborar espaços em vários formatos. No mesmo material, possuem também mobiliário, como estante e bancos (Molo Studio, 2018).



Figura 3.10 – Softwall (2010).
Fonte: Molo, 2018.

No conceito de mobilidade, a empresa Dukta GmbH (Serge and Pablo Lunin) apresenta o Dukta - Flexible Wood, divisórias com recortes trabalhados na madeira, possibilitando vários formatos (Figura 3.11). A empresa garante que possui bom isolante acústico e permite separar os ambientes por um objeto semitranslúcido (Dukta, 2018).

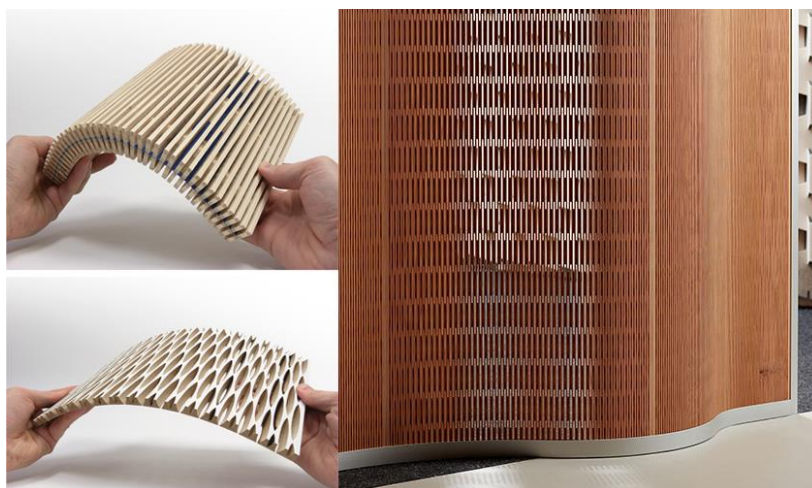


Figura 3.11 – Flexible Wood (2018).
Fonte: Dukta, 2018.

Já no quesito modularidade e praticidade, o sistema EverBlock® é semelhante ao brinquedo de montar LEGO®, como visto na Figura 3.12, composto de elementos modulares em plástico que são encaixados para montar divisórias e mobiliários com dimensões e cores diferentes (EverBlock, 2018). Além do EverBlock, a empresa disponibiliza o EverPanel (painéis de fácil montagem) e o EverBlock Flooring (piso de fácil montagem).



Figura 3.12 – EverBlock (2018).
Fonte: EverBlock, 2018.

Outros modelos que utilizam a robótica são os projetos Adaptable Growth Model for Architecture de Taro Narahara, Translated Geometries do Institute for Advanced Architecture of Catalonia e Transform do MIT Tangible Media Group, que pesquisam elementos e materiais que alteram sua forma como reação à temperatura, pressão ou aproximação do usuário (IACC, 2018 e Narahara, 2010).

Na Universidade Carnegie Mellon, cientistas trabalham no denominado Claytronics (Figura 3.13), uma espécie de material composto por micro robôs

inteligentes que usam eletrostática para se comunicar e alterar de posição no espaço. Por programação é possível criar formas diferentes que reagem a um estímulo. O designer Michaël Harboun faz um processo imaginativo de como o material poderia ser utilizado na cozinha, criando mobiliários e acessórios por apenas gestos e toques (CMU, 2020)

Alguns protótipos utilizam sensores e robóticas para criar materiais que se deformam e alteram a sua forma. O Materiality Research Group do ETH Zurich criou o ShapeShift que explora os polímeros eletroativos (EAP) que convertem eletricidade como forma de deformar-se, expandir e encolher (Kretzer et al., 2010).

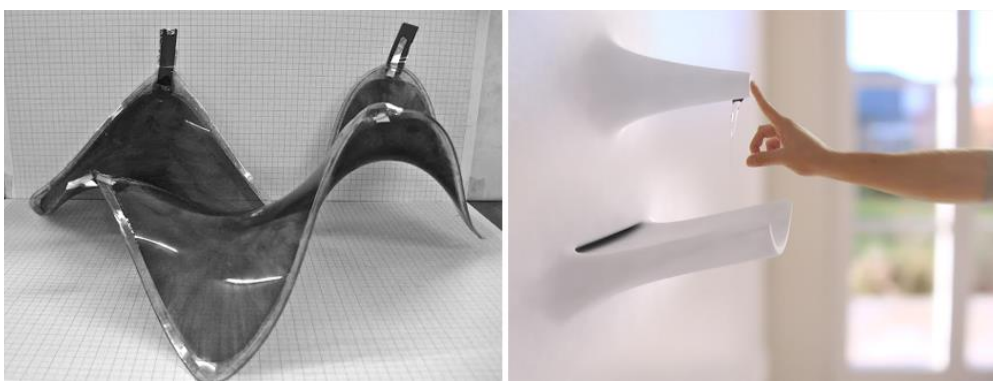


Figura 3.13 – Shapeshift (2010) e Claytronics (2020).

Fonte: Kretzer et al., 2010; CMU, 2020.

No caso da nanotecnologia, o concreto translúcido e o bioconcreto aparecem como novas opções. O concreto translúcido (Figura 3.14), desenvolvido pelo arquiteto húngaro Áron Losonczy, tem adicionado à sua composição fibra de vidro, que garante a passagem parcial de luz (Souza; Diniz, 2017). O bioconcreto, desenvolvido na Universidade de Tecnologia da Delft, tem a capacidade de regenerar suas rachaduras por meio de uma superbactéria que adicionadas ao material se alimentam de lactato e por reação química formam o calcário (Silva e Passarini, 2017).

Outro material descoberto por investigadores do MIT, conhecido como Grapheno, promete ser um dos materiais mais resistentes e leves da atualidade. Composto por moléculas bidimensionais de carbono, o componente poderá ser utilizado em vários elementos da construção civil. O material possui uma densidade de 5% e é dez vezes mais resistente que metal (Chandler, 2017).



Figura 3.14 – Concreto translúcido (2017).

Fonte: Souza; Diniz, 2017.

A composição de materiais é explorada como forma de acrescentar funcionalidades e/ou características aos materiais. Como exemplo, o IACC possui um projeto denominado Hidrocerâmica (Figura 3.15), que estuda o uso do hidrogel em conjunto com elementos cerâmicos para criar um sistema capaz de regular a temperatura e umidade das edificações (IACC, 2014).

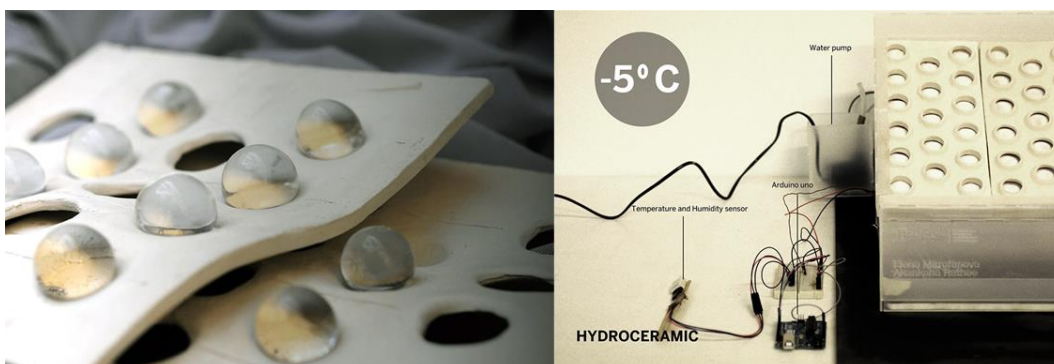


Figura 3.15 – Hidrocerâmica (2014).

Fonte: IACC, 2014.

A interatividade é explorada ainda nos mobiliários, como a Companhia de Design Herman Miller, que possui em seu catálogo uma linha de produtos chamada LiveOS (Figura 3.16) com sensores que permitem a adaptação ergonômica de mesas e cadeiras. Com aplicativo para Smartphone, os mobiliários armazenam os dados dos usuários e reagem a outros mobiliários que estejam próximos. (HermanMiller, 2018).

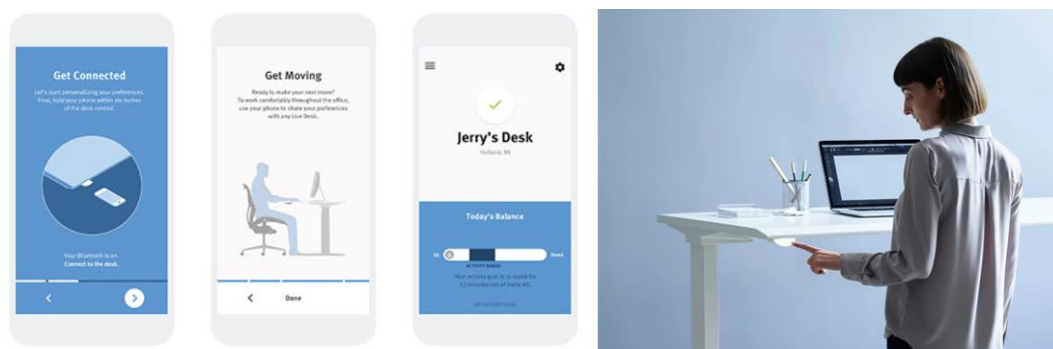


Figura 3.16 – Live OS (2018).

Fonte: HermanMiller, 2018.

Em específico para a atividade de lavar, passar e organizar roupas existe um protótipo denominado ThreadRobe (Figura 3.17) que une todas essas atividades em um único mobiliário (Cheng, 2017). As roupas são inseridas na máquina de lavar e secar acoplada, que posteriormente retira-as da máquina e pendura em cabides no seu interior. Pelo aplicativo no Smartphone, é possível escolher quais roupas serão usadas e dentro do sistema serão separadas para uso.

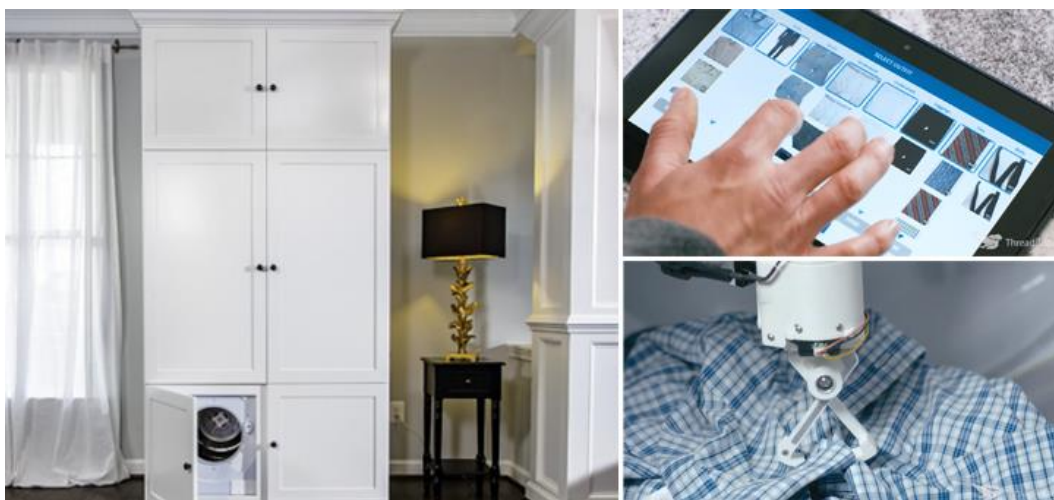


Figura 3.17 – Thread Robe (2017).

Fonte: Cheng, 2017

Separado em módulos, os mobiliários Spyndi (Figura 3.18) são construídos pelo usuário em várias formas e curvas. Em madeira ou metal, a empresa disponibiliza uma coleção de ideias que podem ser aplicados os seus produtos (Spyndi, 2020). Nota-se, portanto, a reação do mercado no sentido de desenvolver materiais e produtos que possam assumir várias funções e alterar sua forma. Há um empenho na aproximação das necessidades do usuário e na praticidade de

aplicação por meio de processos complexos, que permitam o uso interligado, principalmente, com o Smartphone.



Figura 3.18 – Mobiliário Spyndi (2016).
Fonte: Spyndi, 2020.

Outra variável importante para a definição do espaço é o sistema estrutural. Como afirmado por Silva e Souto (2015) uma estrutura é imprescindível para que uma forma exista e para que se crie uma edificação. Além disso, é a estrutura que suporta o conceito arquitetônico desenvolvido pelo arquiteto, por meio de opções que definem a melhor solução (Snyder; Catanese 1984).

Ao longo do tempo a estrutura desenvolveu-se como uma componente que vai além de estabilizar a forma, não sendo somente uma condicionante, mas com um papel subordinado à outras componentes como a espacialidade e o conceito (Snyder; Catanese 1984). A estrutura gere o princípio de hierarquia e organização da edificação, uma vez que todos os sistemas e subsistemas decorrem da proporção utilizada na estrutura.

De modo geral, existem dois tipos de estruturas: a estrutura independente, configurada em uma espécie de “esqueleto” que sustenta a construção, e a estrutura formada por elementos portantes, como a alvenaria estrutural. Para edificações construídas em alvenaria estrutural, é perceptível que a organização interna da habitação se torna mais rígida. As funcionalidades podem ser alteradas, mas a forma geométrica e/ou a área permanecem sempre iguais, limitando a sua transformação.

Além da alvenaria estrutural, as estruturas em Wood Frame e Light Steel Frame (LSF) são compostas por elementos portantes. O Wood Frame é um dos métodos mais difundidos nos Estados Unidos e destaca-se pela capacidade de adaptar-se frente aos métodos tradicionais, sendo utilizado nas construções de casas (AWC, 2001).

Semelhantemente é o LSF, que utiliza perfis de aço galvanizado formado a frio. Por se tratar de peças industrializadas, os desperdícios são menores e o tempo de obra menor, facilitando a passagem de instalações de infraestrutura. Como os perfis são mais resistentes, a estrutura ocupa menos espaço e aumenta a área útil da construção (Riley; Cotgrave, 2013).

Na estrutura independente as cargas são distribuídas entre lajes, vigas e pilares, o que reduz a área de estrutura necessária para suportar a construção e ganha-se mais liberdade para adaptar o layout da habitação. Os materiais mais utilizados para esta estrutura são a madeira, o concreto armado e o aço. A madeira, utilizado há muitos anos na habitação, fixada por parafusos ou encaixes, entretanto possui a desvantagem da variabilidade do tipo, dimensões e exigir manutenção. Por outro lado, destaca-se como um material renovável (desde que o plantio de árvores seja controlado) e que pode ser adaptado com a troca das peças.

O concreto armado, difundido a partir do século XIX, destaca-se pela alta resistência, baixa manutenção, acessibilidade e viabilidade econômica. Portanto, é um material largamente empregado mundialmente. No caso, a estrutura não possui adaptação em si, porém há uma autonomia na disposição das paredes. Já as estruturas metálicas, de menor peso e dimensão, inovaram ao agilizar a velocidade de construção tornando-se correntes nos Estados Unidos sobretudo através da escola de Chicago. Por serem mais resistentes, as peças que compõem a estrutura são mais esbeltas e suas conexões permitem alterações.

Nas últimas duas décadas, o mercado explora a melhoria das estruturas na redução do material e no aumento de sua resistência. Por exemplo, o sistema BubbleDeck® reduz o volume de concreto com a adição de elementos esféricos, que eliminam cerca de 35% do peso normal (BubbleDeck, 2018). Pesquisas, como a de três professores da Technische Universität Dresden, investigam a utilização de malhas de carbono para substituir os elementos de aço e alumínio no concreto armado por meio da associação C3 – Carbon Concrete Composite. Mais leves e resistentes, as malhas de carbono têm maior duração e ainda admitem criar paredes que conduzam energia elétrica sem fios (DW, 2018).

Na alvenaria estrutural, o sistema de blocos de concreto Block ARMO criado pelos arquitetos mexicanos Juan Manuel Reyes e Jorge Capistrán são executados por encaixe e não necessitam de aglutinantes. O sistema além de reduzir o tempo

de obra está dedicado à construção de casas para regiões menos favorecidas do México, uma vez que não necessita de mão-de-obra especializada (ARMO, 2018).

Outro sistema destinado à autoconstrução é a PanHouse, que utiliza placas de poliestireno ou lã de rocha e que permite montar paredes, laje e cobertura. As placas são montadas sobre uma estrutura metálica que garante sua estabilidade e resistência. As instalações de energia e água já vem montadas no interior dos painéis (PanHouse, 2018). Cabe comentar ainda o sistema Brikawood, todo composto em elementos de madeira baseado somente no encaixe e que busca desenvolver um sistema mais sustentável de construção (Brikawood, 2018).

Para a adaptabilidade na habitação, com foco nas residências multifamiliares, as estruturas em concreto armado e aço são as mais utilizadas. O mercado progride na evolução do material e não na tentativa de encontrar um novo modelo que possa atender com maior eficiência às demandas atuais. A industrialização e os processos de construção aliam-se no empenho de obter estruturas que toleram espaços interiores maiores e mais eficazes.

As tecnologias trabalham fora do limite físico, ainda não é possível ter paredes que se modificam completamente com qualidades de isolamento térmico e acústico, com fácil manuseio e manutenção. Provavelmente no futuro, novos materiais adquiram estas características e permitam que a edificação se limite somente na envoltória, operando internamente como um organismo em constante transformação. No momento, a tecnologia já atinge o seu limite nos meios de adaptabilidade física e direciona-se para uma outra dimensão interativa e digital.

O que se observa é uma modificação na forma como acontece a relação com os espaços, que não estão limitados no meio digital e que possibilita que várias atividades possam ser realizadas em um mesmo local.

3.3 Tecnologias aplicadas ao contexto

A relação do ambiente interno com o seu exterior, seja com outras unidades em um condomínio ou com o entorno próximo à construção, é definida pelas atividades, costumes culturais e relações sociais. As tecnologias atuais permitem que a configuração da habitação possa estar totalmente voltada ao exterior, com aproveitamento máximo dos recursos naturais de ventilação e iluminação.

O incremento das proteções acústicas e térmicas, com o acréscimo de novas funções, disseminaram-se na produção das esquadrias. Um exemplo é a Bloomframe window® (Figura 3.19) do escritório holandês HofmanDujardin, uma janela que por um sistema eletrônico transforma-se em varanda. O modelo pode ser aplicado tanto em construções novas como em edificações existentes (Bloomframe, 2018).

Com um conceito semelhante, a arquiteta argentina Aldana Ferrer Garcia criou em 2015 a janela MoreSKy (Figura 3.20), destinada aos apartamentos pequenos para incrementar os visuais e o acesso à luz solar (Garcia, 2018).



Figura 3.19 – Bloomframe window (2015).
Fonte: Bloomframe, 2018.



Figura 3.20 – MoreSKy (2015).
Fonte: Garcia, 2018.

Para melhorar a ventilação, o mercado investe em mecanismos que permitam a total abertura dos panos de vidro, especialmente para varandas e casas, como a Cortina de Vidro® e Turnable Corner da empresa Vitrocsa (Vítrocsa, 2018), na Figura 3.21.

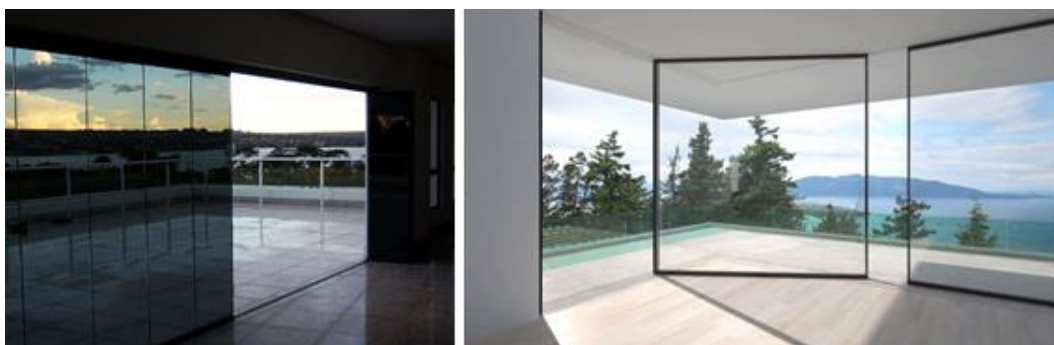


Figura 3.21 – Cortina de vidro e Turnable Corner (2014).
Fonte: Victrosa, 2018.

Em específico para o vidro das janelas, as empresas trabalham na capacidade de transparência. A Glass Apps possui entre seus produtos o Finished Smart Glass®, um vidro com Polymer Dispersed Liquid Crystal (PDLC) que permite alterar a aparência de transparente para opaco por meio de um dispositivo eletrônico (GlassApps, 2018). Já os engenheiros da Stanford University desenvolveram um vidro que escurece conforme a incidência de luz solar com um material condutivo com íons metálicos que bloqueiam a luz em resposta a uma corrente elétrica (Barille et al., 2017).

O escritório Schwarz Architects na Suíça desenvolveu a Glass Façade Sur Falveng (Figura 3.22) para um edifício multifamiliar destinado aos idosos e desabilitados, uma grande fachada em vidro que acumula calor por meio de quatro placas de 6mm e Hidrato de Sal (Schwarz, 2006).

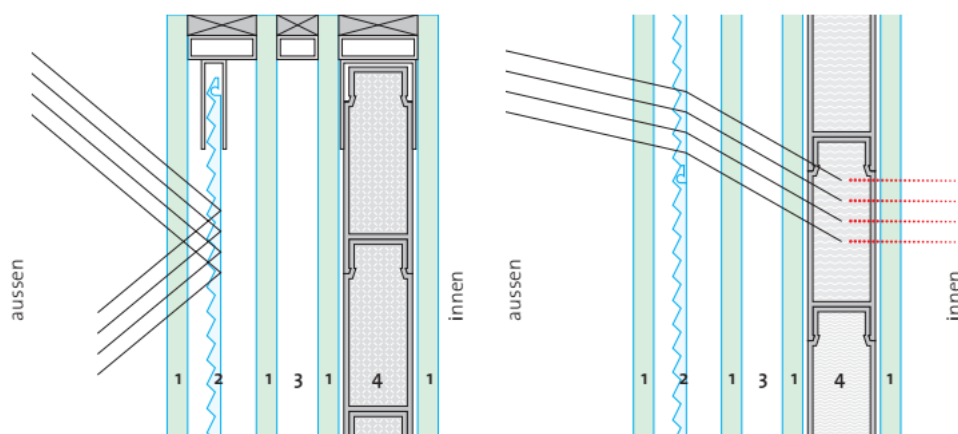


Figura 3.22 – Glass Façade Sur Falveng (2006).
Fonte: Schwarz, 2006.

Mais uma vez com o auxílio da IoT, as janelas são funcionalmente transformadas. Durante o Consumer Electronics Show 2012 a Samsung apresentou o protótipo da Smart Window (Figura 3.23). Com a aparência de uma janela normal, seu vidro transforma-se em uma tela transparente touch screen que acessa internet, permite ver fotos e vídeos e ainda aciona “cortinas” virtuais que bloqueiam a entrada de luz quando necessário (Zax, 2018).

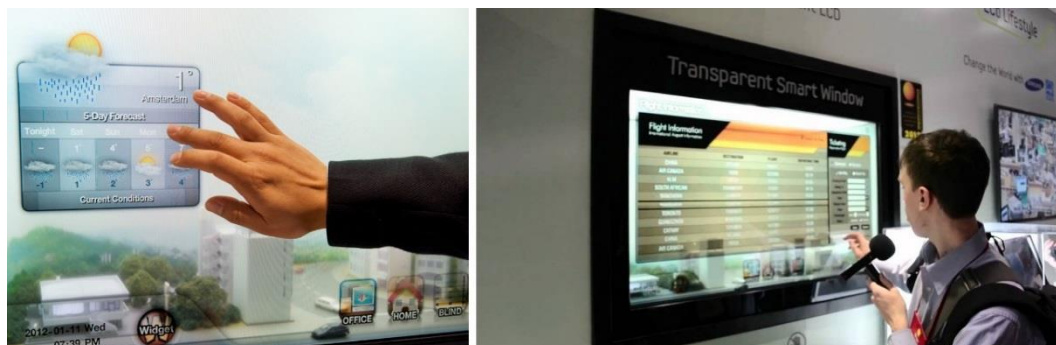


Figura 3.23 – Smart Window Samsung (2012).
Fonte: Zax, 2018.

Semelhantermente ocorre com o protótipo Window to the World, um projeto com parceria da Copenhagen Institute of Interaction Design, Kansei Design e Toyota. Trata-se de uma janela interativa aplicada em carros, onde é possível desenhar e interagir com o que acontece no exterior (CIID, 2019). As proteções solares das janelas são outro elemento passíveis de serem controlados por dispositivos ou com resposta automática à presença do sol e temperatura, contribuindo na qualificação da edificação. Dois exemplos são as Al Bahar Towers e o Institut du Monde Arabe, respectivamente com formas geométricas que desempenham um diferencial estético em cada construção.

Nos interiores da unidade residencial, o tratamento das superfícies atua no bem-estar e conforto através da combinação de cores, texturas e padrões (Grimley; Love, 2013). O aspecto do piso, forro e paredes está além de sua pintura ou revestimento. A composição em um ou mais planos, iluminação, espelhos e outros elementos decorativos criam efeitos diversos.

As técnicas utilizadas para revestimento estão divididas em assentamento com argamassa, colagem, aderido (pintura e textura), encaixe e dispositivos gerais de fixação (parafusos, pregos, buchas e guias metálicas). Por regra geral, os revestimentos assentados com argamassa, como a cerâmica, requerem cuidado na

sua paginação e maquinário para cortes de compatibilidade. É necessária uma mão-de-obra experiente para a instalação e rejunte, e a sua remoção é mais complicada.

Os pisos cerâmicos, em específico o azulejo, foram criados para a proteção contra a umidade. Com o avanço da tecnologia, surgiram outros revestimentos como o porcelanato, com dimensões, padrões e acabamentos diferentes, adequados aos usos específicos da habitação, que complementaram as opções disponíveis no mercado. O piso em madeira maciça, o qual fora consideravelmente empregado antigamente, foi substituído ao longo do tempo por imitações do material como o laminado, o vinílico e o próprio porcelanato, uma vez que os custos e o acesso ao material se tornaram mais complexos. Além disso, o laminado e o vinílico são leves e de simples instalação.

A técnica mais propícia à alteração em paredes e forros é a pintura, uma vez que a troca de cor não exige uma mão-de-obra especializada. Entretanto, a pintura carece de manutenção periódica e de componentes especiais quando aplicado nas áreas molhadas, onde normalmente são utilizados os revestimentos cerâmicos. Nota-se uma tendência à simplificação da instalação e a redução de peso, o que contribui para a adaptabilidade da habitação.

O mercado visa outros aspectos como as proteções contra umidade e mofo, facilidade na manutenção e sustentabilidade nos materiais e processos de fabricação. Pesquisas avançam na questão da pintura, como o grupo de engenheiros e químicos que desenvolveu um pigmento inteligente denominado OliKrom®. O pigmento produz tintas que reagem à temperatura, luz, pressão, solvente e gás (Olikrom, 2018). A empresa disponibiliza a seleção de cores e por qual reação se dará a troca.

Com a introdução da TI, as superfícies têm se tornado mais interativas e recebido outras utilidades. O Sony Program Lab desenvolveu a T Technology (Figura 3.24) que permite qualquer superfície se transformar em uma “tela” interativa através de reconhecimento do objeto, gestos e um pequeno projetor (FutureLab, 2018). Outro exemplo é a parede apresentada no Retail Design Expo 2015 em Londres, do escritório de design Dalziel&Pow, que reage ao toque por meio de luzes, som e projeções (Dalziel&Pow, 2018).

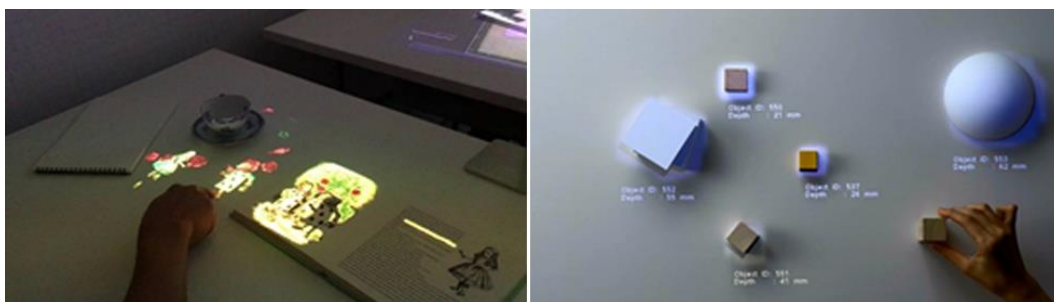


Figura 3.24 – T technology (2018).
Fonte: FutureLab, 2018.

Os designers de produto Chris Glaister, Afshin Mehin, e Tomas Rosen da Royal College of Art Innovation Unit conseguiram em 2006 desenvolver, por meio de um pigmento termocromático e arames de cromo inseridos na matriz do concreto (Figura 3.25), um display com o próprio material que pode apresentar números, textos e padrões de desenho (Transmaterial, 2018). O mesmo acontece com o revestimento Hyde desenvolvido por Danny Venlet, que pode ser iluminado e apresentar um display com o horário local (Maestro, 2020).

Produtos dedicados a Smart Home contribuem na diversificação das atividades em casa. Iluminação, sensores, câmeras de vigilância e trancas, notificam o usuário sobre um problema ou apresentam uma informação, respondendo presencialmente através de alarmes e luzes ou remetendo uma mensagem para o Smartphone que se encontra conectado.

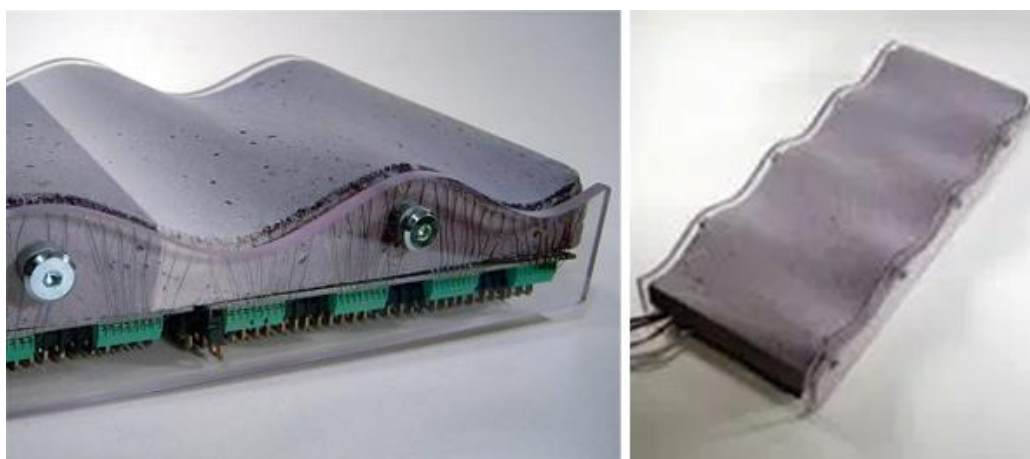


Figura 3.25 – Chronos Chromos Concrete (2015).
Fonte: Transmaterial, 2018.

Existem ainda protótipos e inovações que aos poucos estão integrando o mercado da Smart Home. Purificadores de ar portáteis, dispositivos que controlam

a automação da habitação transformando qualquer superfície em um painel de acesso remoto, redução de ruídos externos e qualificação do som são alguns dos exemplos que prometem automatizar a casa.

A automação de eletrodomésticos é outro ponto relevante. A conexão de máquinas de lavar, frigorífico, cafeteiras entre outros, podem ser programados para operarem independentemente da presença humana. Esses eletrodomésticos são sincronizados com artigos que aprimorem seus recursos (De Paris; Lopes, 2017). Por isso, a integração de mobiliário, eletrodomésticos e infraestruturas por meio da TIC garante independência no cotidiano do usuário e permite que novas atividades possam ser produzidas em um espaço cada vez mais multifuncional e indeterminado.

Para o uso dos produtos da Smart Home são essenciais os subsistemas de energia para iluminação e alimentação de aparelhos eletrônicos e o cabeamento para transmissão de internet. O abastecimento de água e a recolha de esgoto também fazem parte da rede de suporte, que complementa a funcionalidade da casa. Os sistemas de infraestrutura visam o controle e o conforto ambiental ao providenciar condições sanitárias, térmicas, visuais e de audição para a ocupação humana (Snyder; Catanese 1984).

O abastecimento e distribuição de água nas habitações teve seu início no século XIX, por meio de tubulações de ferro fundido que eram dobradas e montadas artesanalmente. Os coletores construídos em pedra ou tijolo foram substituídos, no final do mesmo século, pelo concreto com juntas fechadas em cimento. Por questões sanitárias, aos poucos foram criados mecanismos de limpeza e descarga automáticos, quando no século XX o sistema da rede deixa de ser unitário e torna-se separativo (Matos, 2003).

Nas paredes de alvenaria de vedação em tijolo, a instalação da tubulação de distribuição é realizada através de rasgos no local da obra e o sistema de coleta recebe esperas localizadas nas lajes. Para facilitar a manutenção, foram criados “Shafts” (Coretes) que agrupam as componentes verticais de infraestrutura, reduziram o transtorno causado para a manutenção. No caso das paredes de alvenaria estrutural, a passagem das tubulações consegue estar inserida em “Shafts” (Coretes) ou nas paredes de vedação, uma vez que o componente estrutural não pode ser modificado.

Para tentar flexibilizar essas instalações, podem ser previamente instalados vários tubos de queda, de modo a não fixar a localização de um bloco sanitário. Um dos avanços conseguidos pela Internet of Things (IoT) é o controle do consumo de água, como o protótipo Fluid. O dispositivo é acoplado à tubulação de entrada de água e indica diretamente ao Smartphone o consumo individual dos chuveiros, torneiras e máquina de lavar (Fluid, 2018). Assim, é possível gerir o consumo e avaliar possíveis vazamentos.

No tocante à iluminação, as velas e os equipamentos de queima de óleo eram utilizados no século XIX, apesar de já existir um sistema de iluminação a gás que foi precursor das redes de distribuição de energia elétrica. A partir do século XX, com a invenção da lâmpada incandescente, as casas passaram a utilizar o sistema de energia elétrica (Galvão; D'Ottaviano, 2015; Roizenblatt, 2009). Devido aos gastos de energia, houve um substancial progresso nas lâmpadas, como em 1970 com o advento da lâmpada fluorescente e no século XXI com as lâmpadas Light Emitting Diode (LED) (Galvão; D'Ottaviano, 2015; Roizenblatt, 2009).

Um dos sistemas de iluminação atuais, inseridos no contexto da Smart Home, comprados em conjuntos (Kits/Hubs) e controlados pelo Smartphone, interruptores (específicos para cada marca) ou painéis digitais. Entre as funções mais básicas estão a de acender/apagar, dimerização de intensidade, troca de cor e programação de cenários (De Paris; Lopes, 2017). A autonomia no acesso à iluminação, permite que os interruptores não confinem o uso do espaço e em específico das paredes para este fim.

Com foco na estética e na compatibilização de cabeamento, o escritório Foster+Partners desenvolveu um esquema chamado Node (Figura 3.26), que combina materiais, sensores, câmeras e iluminação. Node pode ser utilizado em edificações existentes e novas e acopla cada acessório em uma espécie de trilho ou de perfil que garante liberdade de uso (FosterPartners, 2018).

Seguindo a tendência sustentável são criados sistemas de iluminação que não dependam de energia elétrica. Uma das fontes renováveis aplicáveis é a luz solar, como o do Solros System (Figura 3.27). Por meio de um prato de aço inoxidável espelhado, os raios solares são refletidos para um cabo de fibras ópticas, que podem alcançar até 100 metros de distância e terminam em uma luminária (Solros, 2018).

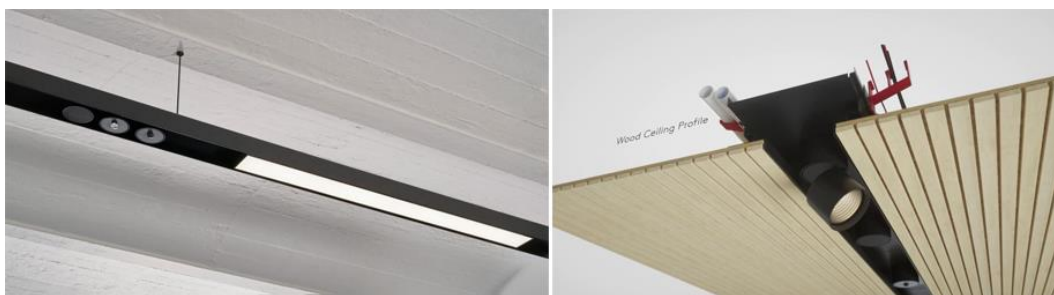


Figura 3.26 – Node system (2018).
Fonte: FosterPartners, 2018.

A energia elétrica é essencial igualmente para os aparelhos eletrônicos domésticos. Os sistemas de aquecimento/resfriamento nas habitações mais recentes são dependentes da eletricidade. As pequenas unidades são instaladas móveis, como aquecedores a óleo e ar condicionados portáteis, ou fixas como os splits. Em algumas regiões ainda é comum o aquecimento por caldeiras e radiadores, que ocupam um espaço maior e limitam a adaptação pelo acréscimo de tubulações nas paredes, assim como nos casos dos aquecedores implantados no piso.



Figura 3.27 – Solros system (2018).
Fonte: Solros, 2018.

Com a captação da energia solar e a otimização da energia eólica nos séculos XIX e XX, a energização e o aquecimento de água nas habitações adquiriram novas possibilidades de reduzir seus custos a longo prazo e reduzir seu impacto ambiental. Além das placas solares, recentemente foram introduzidos no mercado as telhas (Figura 3.28) e janelas solares (Solarwindow, 2018) que integram na construção a captação e o fornecimento de energia elétrica. Ainda, um grupo de investigadores chineses aprimora uma célula fotovoltaica que além de gerar energia a partir da luz solar consegue gerar energia a partir da chuva (Tang et al., 2016).



Figura 3.28 – Telhas solares (2018).

Fonte: Tesla, 2018.

Soluções para facilitar a adaptação da disposição das instalações elétricas sem a quebra de parede, e de forma a tornar a adaptação esteticamente mais apropriada, também conquistam o mercado. Uma delas é a Eletrofita (Figura 3.29), um condutor em fita autoadesiva aplicável em diversas superfícies e que pode ser oculto por massa corrida e tinta (Eletrofitas, 2018).



Figura 3.29 – Eletrofita (2018).

Fonte: Eletrofitas, 2018.

Portanto, o mercado em associação com as universidades busca facilitar a manutenção e atualização da infraestrutura, promovendo o uso de conexões acessíveis entre as componentes dos sistemas e agrupando o máximo possível sus instalações. Entre os outros elementos citados (como estrutura e divisores), as instalações de luz e água são as menos adaptáveis. Apesar de os aparelhos eletrônicos terem evoluído na redução do uso de cabos, através de Wifi e Bluetooth, o abastecimento de água e recolha de esgoto são dependentes de tubulações, que precisam ser pré-estabelecidas e dificilmente modificam-se no futuro.

3.4 Conclusões

A tecnologia busca agrupar funções e atividades, aproximando o usuário ao meio digital, de modo que a dependência do espaço físico com objetos e acessórios para os interiores seja cada vez menor. Com materiais leves e resistentes, as inovações utilizadas nas habitações possuem dimensões reduzidas que ampliam a autonomia de construção, uso e transformação.

Nos interiores, o habitante ganha mais controle do que modificar e personalizar para atender suas necessidades, com mecanismos simples que interagem com outros objetos no seu entorno. A tecnologia atende o anseio, principalmente das gerações atuais, das rápidas mudanças que a sociedade se comunica, trabalha e vive. São os novos modos de habitar, os diferentes grupos familiares e a relação do físico com o digital.

Portanto, a busca pela aproximação do local de residência se sucede em conjunto com a independência de atividades que demandam tempo do usuário. São tecnologias que acrescentam conforto e agilidade par as mudanças que decorrem ao longo do tempo, proporcionando capacidade de alteração e resposta na habitação.

CAPÍTULO 4

CRITÉRIOS, ESTRATÉGIAS E MÉTODOS DE APLICAÇÃO

Suplementarmente aos conceitos e tecnologias analisados nos Capítulos 2 e 3, o processo de projeto e a literatura acadêmica abordam técnicas de como aplicar a adaptabilidade e a flexibilidade na habitação. O uso de mobiliário multifuncional, espaços indeterminados e planta livre são algumas das estratégias utilizadas por arquitetos para potencializar a transformabilidade. Essas estratégias, ao longo do tempo, evoluíram e adaptaram-se às novas realidades sociais, tecnológicas e econômicas. Além de perceber na prática essas técnicas, desde a intenção de resposta da solução como também fatores econômicos de instalação e manutenção, é importante investigar como um conjunto de técnicas será mais favorável ou não para o objetivo do projeto⁷.

A investigação das soluções utilizadas na habitação para a adaptabilidade e flexibilidade envolvem fatores que precisam ser avaliados e ponderados. Para perceber os fatores e como o tema já foi trabalhado na literatura acadêmica, neste capítulo são apresentadas metodologias⁸ que avaliam o grau de adaptabilidade ou flexibilidade, especificadamente em habitações. Somada às metodologias são apresentados os critérios levantados a partir de projetos e investigações que envolvem a adaptabilidade e flexibilidade. Os critérios foram separados em dois grupos: critérios construção e critérios estratégias.

Os critérios construção são aqueles relacionados ao modo como foi construída a habitação, levando em conta fatores como organização, dimensionamento e instalações de infraestrutura. Refere-se, em específico, à composição e sistematização da habitação a partir do projeto, compreendendo os espaços e suas relações físicas e utilitárias. Os critérios estratégias são aqueles que definem as táticas utilizadas pelos arquitetos para garantir a flexibilidade e/ou adaptabilidade da habitação. São estratégias que buscam facilitar a modificação da habitação, seja nas atividades realizadas no seu interior ou no seu formato físico, contribuindo para que o usuário possa transformar a sua residência.

⁷ Conforme pode ser visto em Živković; Jovanović (2012), Abdulpader et al. (2014) e Schmidt III; Austin (2016).

⁸ Ver investigações como Davico (2013) e Gijssbers; Lichtenberg (2014).

4.1 Metodologias

Os métodos de avaliação da flexibilidade/adaptabilidade utilizam parâmetros e processos metodológicos distintos, identificados a seguir. A análise e crítica desses métodos é oportuna para o aperfeiçoamento da construção deste trabalho, uma vez que a perspectiva dos autores contribui na complexidade do universo do tema.

Moharram (1980) aborda a unidade residencial e o edifício com foco no equilíbrio entre o que foi denominado de espaços “fixos” e espaços “flexíveis”, estes responsáveis por atender às exigências dos usuários. Para a unidade residencial são considerados tipo de unidade, tamanho, proporção, posições das instalações técnicas e estrutura do edifício. Para o edifício são consideradas as formas da habitação, estrutura, circulação e posições de equipamentos técnicos (Moharram, 1980 apud Davico, 2013).

Em cada fator é avaliada a eficácia com que se satisfaz os requisitos e calculadas as notas médias e de ponderação relativos a cada variável, para que sejam determinadas o melhor conjunto de soluções. Infelizmente, não foi possível ter acesso à Tese original de Moharram (1980) para conseguir examinar o seu método na origem e na globalidade.

Para Živković e Jovanović (2012) são relevantes o potencial para multifuncionalidade dos cômodos, o grau de flexibilidade em relação aos elementos fixos e a possibilidade de modificação em número e tamanho dos cômodos. As partes não modificáveis são os acessos, elementos de suprimento, envoltória, construção e localização. As partes modificáveis são os atributos espaciais que permitem ampla interpretação.

Os parâmetros considerados são: a orientação da unidade habitacional em relação à outras unidades (um, dois ou três lados independentes), geometria do fogo (disperso ou compacto), estrutura e dimensões do fogo (relação entre estrutura e dimensão), quantidade e disposição de entradas (central ou periférico) e posição das infraestruturas (agrupado ou individual, centralizado ou periférico);

Apesar do trabalho ter sido dominado como um método de avaliação, não são aplicados parâmetros quantitativos. Somente são apontados em cada um dos parâmetros as características mais ou menos eficientes. A combinação dos

parâmetros também não foi investigada, o que dificulta perceber o peso e importância de cada fator na avaliação. Contudo, a investigação aponta informações relevantes para a reflexão desta Tese.

A Avaliação do Grau de Flexibilidade Projetual (AGFP) desenvolvido por Davico (2013) elabora um método de avaliação da flexibilidade projetual, a partir da influência dos tipos de divisórias e mobiliário. O AGFP leva em consideração quatro tipos de parâmetros:

- Área Flexível Global (AFG): $\text{Área Flexível} = \text{Área Útil} - \text{Área Fixa}$;
- Envolvente Vertical (EV): Somatório dos metros lineares para cada elemento que caracteriza a envolvente, multiplicados pelos valores das escalas de flexibilidade da EV;
- Partições Interiores Verticais (PIV): Segue o mesmo processo do EV;
- Flexibilidade Média dos Elementos Verticais (FMEV): Média Ponderada entre os elementos da envolvente exterior e as partições interiores.

Área fixa é definida como “a superfície do fogo que apresenta condições estáticas de relacionamento com espaços adjacentes (na maioria dos casos as casas de banho e/ou cozinhas)” (Davico, 2013, p. 239). Para os critérios EF e PIV foram elaboradas tabelas de escalas de flexibilidade, por meio de um inquérito realizado com profissionais da área. Com o auxílio dos software Rhinoceros® e Grasshopper® o AGFP foi aplicado em vinte projetos unifamiliar e multifamiliar, que possuísem algum grau de flexibilidade, conforme levantamento realizado pelo autor.

O AGFP é um método de aplicação relativamente simples, já que considera as divisórias como elemento fundamental para a flexibilidade da habitação. Por levar em consideração somente as divisórias, não são avaliados outros fatores que influenciam na multiplicidade de um projeto arquitetônico e de uma construção.

Na investigação de Abdulpader et al. (2014) são identificadas as variáveis que confrontam o desenho e os interiores da residência:

- Repetição – Horizontal, vertical ou central;
- Proporção e escala – Numérica, fracionária ou com escala;
- Axialidade – linear, radial ou pontual;
- Flexibilidade – mobiliário ou estrutura;

- Eficiência espacial - economia em área, tamanho, material, energia, habilidade de adaptação e portabilidade.

Três conceitos, nomeadamente flexibilidade em divisores verticais, flexibilidade em planos horizontais e níveis e flexibilidade no mobiliário são examinados. As variáveis são classificadas ainda em três níveis: parcial, total ou ambos, as quais são aplicadas em modelos padrão de habitações em Mosul, Iraque, com 50 m². Os autores relatam uma comparação percentual entre esses modelos, entretanto, não está claro como a comparação foi feita. É difícil depreender quais parâmetros e em qual nível são mais adequados, por outro lado, os autores apontam na sua metodologia a importância do desenho da habitação para a flexibilidade.

Para o Comparative Selection Method for adaptability measures (CSA Method), Gijssbers e Lichtenberg (2014) utilizam um método de seleção e comparação de soluções de adaptabilidade, a partir da concepção de cenários e das demandas do usuário. Os parâmetros utilizados são o esforço requerido para a adaptação (horas de trabalho x ruídos), custos e impacto ambiental. Com base em três “domínios” (domínio do usuário, tecnológico e eficiência das soluções) são identificados as demandas e os componentes da edificação e aplicado o Quality Function Deployment (QFD), que auxiliará no diagnóstico das porções da edificação que mais influenciam nas demandas funcionais.

O QFD é usualmente aplicado em produtos industriais, de modo a fazer um balanço entre os aspectos mais atraentes para o usuário e os aspectos que atendem aos seus requisitos. Basicamente, a categorização seguida por Gijssbers e Lichtenberg (2014) foca nos problemas dos usuários, depois da tecnologia aplicada na solução e por último são feitas comparações que levam a escolha ótima.

Diferentemente de outras metodologias, foram considerados aspectos sustentáveis e esforços humanos na adaptação da habitação. Os autores buscam incluir os diferentes domínios envolvidos na transformação, uma vez que esta metodologia é direcionada para a adaptação do existente e não para avaliar o grau de flexibilidade.

O Flex 4.0 é um método resultante da soma das versões anteriores desenvolvidas por Geraedts (2016), para avaliar a adaptabilidade de escolas, escritórios e demais usos. A avaliação é realizada a partir de 44 indicadores de

performance da flexibilidade, sendo 12 indicadores gerais (chamados de Support) e 32 indicadores específicos (chamados de Infill). Os parâmetros analisados são:

- Sítio;
- Estrutura: dimensões, acessos e elementos da construção;
- Envoltória: fachada;
- Infraestrutura: dimensões, controle e distribuição;
- Espaço: funcionalidade, acessos e aspectos técnicos.

Cada um dos indicadores é qualificado de 1 (ruim) a 4 (o mais desejável), utilizados para preencher a lacuna entre a flexibilidade requerida pelos proprietários e usuários e a flexibilidade oferecida pela edificação. Assim, é possível comparar as diferenças e demandas que precisam ser mais bem observadas. O somatório da classificação de 1 a 4 indica qual é o nível de flexibilidade, em conformidade com a definição pelo autor, variando de não flexível para excelente flexibilidade.

Dentre o levantamento das metodologias, esta é a que apresenta mais parâmetros. Provavelmente é um reflexo do longo trabalho que o autor vem desenvolvendo e aprimorando desde 2014, uma vez que aborda várias componentes do desenho. Não fica esclarecido como o autor chegou à conclusão da classificação entre um e quatro, mas o trabalho consegue aprofundar-se nos diferentes aspectos de projeto e construção.

Apesar de não estar centrado na avaliação da habitação, mas das construções de um modo geral, a metodologia de Schmidt III e Austin (2016) merece destaque. Os autores geram uma matrix de avaliação das dependências das diferentes layers que compõem a edificação. As layers são divididas entre social, espaço, objetos, fogo, serviços, estrutura, sítio e entorno. A partir da ferramenta Dependency Structure Matrix (DSM), Schmidt III e Austin (2016) conseguem analisar como as alterações realizadas em uma das Layers afeta outra e consequentemente estabelecer quais são as melhores estratégias para que essas dependências sejam reduzidas.

O Spatial Assessment of Generality and Adaptability (SAGA) de Herthogs et al. (2019) avaliam a organização e conexão dos cômodos de uma residência com capacidade para serem modificados passivamente (Generality) e ativamente (Adaptability). Para isso, é utilizado o Justified Plan Graph (JPG), o qual relaciona-se com a teoria de sintaxe do espaço. São utilizados como indicadores absolutos:

generalidade, adaptabilidade e adaptabilidade máxima, e, como indicadores relativos: generalidade normalizada e adaptabilidade normalizada utilizando o conceito de permeabilidade.

Para os autores, quanto mais permeável for o JPG mais potencial para modificações a construção suporta. Para efetuar o quantificado em cada um dos indicadores, foi utilizado o software Rhinoceros 3D® e os plugins Grasshopper® e Spiderweb®. A abordagem do SAGA destaca-se pela linha de pensamento diferente dos anteriores ao adotar o JPG e o software. Nota-se que existe uma certa automatização do processo, ao mesmo tempo que exige um conhecimento prévio de teorias e programação para o seu emprego.

Malakouti et al. (2019) utilizam o Housing Quality Indicators (HQI) da Inglaterra para mensurar os critérios de flexibilidade da habitação em conjunto com o Fuzzy Topsis que realiza o cruzamento de dados com matriz. São consideradas a unidade residencial e seu entorno cruzando-se com os critérios, resumidamente:

- Neutralidade para mobiliário;
- Possibilidade de modificação do layout e da unidade residencial;
- Flexibilidade;
- Multifuncionalidade;
- Adaptabilidade para necessidades especiais;
- Capacidade de expansão e contração.

Quanto maior a relação da Matriz e quanto maior a importância dos critérios, a habitação será mais ou menos flexível. Este trabalho distingue-se pelo uso do Método de Avaliação Multicritério por meio do Fuzzy Topsis, sendo apresentado com clareza para quem já está habituado ao método. Os critérios empregados focam na generalidade do projeto e do desenho, excluindo-se questões técnicas de materiais e serviços de apoio.

Por fim, Cavalliere et al. (2019) abordam os critérios para a flexibilidade com base em distância entre pontos e porcentagem entre áreas. Os critérios utilizados são: modularidade estrutural, regularidade geométrica do projeto, localização dos serviços técnicos, elementos removíveis da construção, porcentagem e orientação das janelas e partições internas móveis. Para analisar a prioridade de cada critério foi utilizado o Processo de Análise Hierárquica, em inglês Analytic Hierarch Process

(AHP), como Método de Avaliação Multicritério. Com esses dados, os autores utilizaram o software Revit e o plugin Dynamo para incorporar as métricas.

Assim como o método anterior, o Método Multicritério é utilizado novamente, demonstrando a autenticidade e relevância como método científico. Os critérios estão voltados para o desenho e construção, entretanto, não analisam a relação entre os espaços.

No geral, as metodologias existentes na literatura científica buscam focar sua análise em algum aspecto intrínseco da adaptabilidade na construção como: divisórias, desenho/forma e custos. Enquanto algumas desenvolvem relações numéricas para avaliação, outras visam relações qualitativas, indicando quais são as vantagens na comparação de opções. No caso das abordagens quantitativas, uma parcela constitui-se de cálculos simples e manuais, enquanto outra parcela opta pelo uso de software para automatizar o uso dos dados. Nas abordagens qualitativas os argumentos estão baseados tanto nas experiências pessoais dos autores como em bibliografia. É o que ocorre por exemplo na metodologia proposta por Živković e Jovanović (2012).

A revisão literária é significativa para a seleção dos critérios a serem utilizados em cada metodologia, em contrapartida, constata-se que existem vários aspectos que podem ser considerados e que os resultados são influenciados pela seleção e classificação de cada autor. Em vista disso, além da bibliografia deve-se consultar a opinião profissional de quem trabalha diretamente na construção, com vista no enriquecimento da abordagem metodológica. Outro ponto é o uso de software acessíveis que facilitem a aproximação daqueles que o utilizam para o resultado final, como meio didático de estudo.

Somado a essas metodologias, durante estudo das possibilidades de avaliação das transformações da habitação, foram encontradas outras metodologias que apresentam ligação com o tema. Entretanto, essas metodologias não se encaixavam com a proposta desta tese. Entre eles, cabe citar o trabalho de Greden e Glicksman (2004), que elaboraram uma metodologia para mensurar financeiramente os custos de uma renovação que seja flexível para futuros cenários em escritórios. O método considera o preço de aluguel no mercado imobiliário, quantidade e tipo de espaço necessário.

Já Mrkonjic, Gonzalez e Avellaneda (2008) avaliam o impacto ambiental da habitação flexível por meios da análise de três unidades diferente da mesma habitação sendo a primeira com paredes em alvenaria, a segunda com divisórias desmontáveis de madeira e a terceira com mobiliário multifuncional integrado com outros elementos. Na investigação de Goñi et al. (2015) foi criada uma metodologia de análise para reabilitação de edificações de forma sustentável, em que entre os demais itens e questões energéticas são consideradas a flexibilidade e adaptabilidade da habitação.

Alaraji e Jusan (2014) constituíram uma metodologia que avalia o desenho da habitação flexível a partir da percepção dos usuários. Por meio da análise conjunta, os autores chegam a 16 soluções de flexibilidade que foram avaliadas por 180 participantes de um questionário. A partir das respostas, os autores fazem uma relação entre as escolhas e o perfil dos participantes do questionário.

O conjunto de metodologias citadas nesta seção permite concluir a relevância do tema no meio científico, assim como a importância da construção de um processo que facilite a reflexão do arquiteto no ato de projetar.

4.2 Critérios construção

Por intermédio de artigos científicos e teses de doutoramento citados nas seções 4.2 e 4.3, assim como os livros *Flexible Housing* (Schneider; Till, 2007) e *Adaptable Architecture: Theory and Practice* (Schmidt III e Austin, 2016), foi possível analisar projetos arquitetônicos que apresentam técnicas de flexibilidade e adaptabilidade no desenho da habitação. A partir deste levantamento, foram identificados 11 critérios essenciais para a adaptabilidade na habitação, as quais são descritas e exemplificadas a seguir. O levantamento expõe as variadas táticas aplicadas na configuração de um espaço, proporcionando opções de maior ou menor grau de alteração.

4.2.1 Forma geométrica e dimensões compactas

A forma geométrica do espaço, por exemplo, quadrada, triangular ou circular, interfere na viabilidade do que será inserido no seu interior. O mobiliário e outros acessórios decorativos, que geralmente possuem um desenho regular, são mais bem distribuídos em espaços que sigam este mesmo padrão. Portanto, quanto mais

regular a forma geométrica melhor é o aproveitamento. O mesmo pode ser dito para o formato geral da planta baixa (como visto na Figura 4.1), quanto mais regular e condensada, mais fácil é adaptar e organizar os seus cômodos para que recebam outras atividades (Moharram, 1980; Karni, 2000; Živković; Jovanović, 2012).

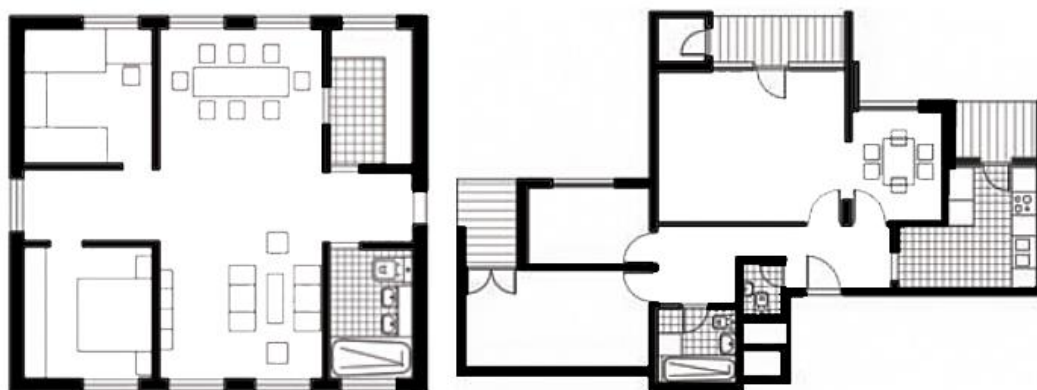


Figura 4.1 – Comparação habitação ortogonal e condensada com ortogonal e dispersa.
Fonte: Živković; Jovanović, 2012.

Na imagem são apresentados dois projetos, o primeiro com formato condensado e regular e o segundo com formato disperso e cômodos regulares. No primeiro caso, a troca de usos e mobiliário ocorre de modo mais simples por tratar-se de uma planta centralizada e com concentração das áreas molhadas. No segundo caso, as distâncias irregulares e descentralizadas acabam por restringir a forma como as modificações são realizadas.

4.2.2 Circulação – dimensão e tipo

Como elemento estruturador da distribuição dos espaços, a circulação está vinculada ao tipo, dimensão e meios de atender os fluxos internos da residência. Uma circulação centralizada e adequadamente dimensionada permite que a planta baixa seja organizada em torno de um ponto central, contribuindo para a redução de deslocamentos e áreas desnecessários. Em contrapartida, uma circulação com significativas dimensões possui outra perspectiva, além de simples local de passagem converte-se em espaço integrador (Al-nijaidi, 1985; Seo; Kim, 2013 e Abdulpader et al., 2014).

Na Figura 4.2 estão apresentados dois tipos de circulação e, consequentemente, formas de organização da habitação. Na imagem à esquerda, há uma circulação linear central, onde os cômodos distribuídos ao longo do seu

caminho não interagem entre si e dependem exclusivamente do acesso através da circulação.

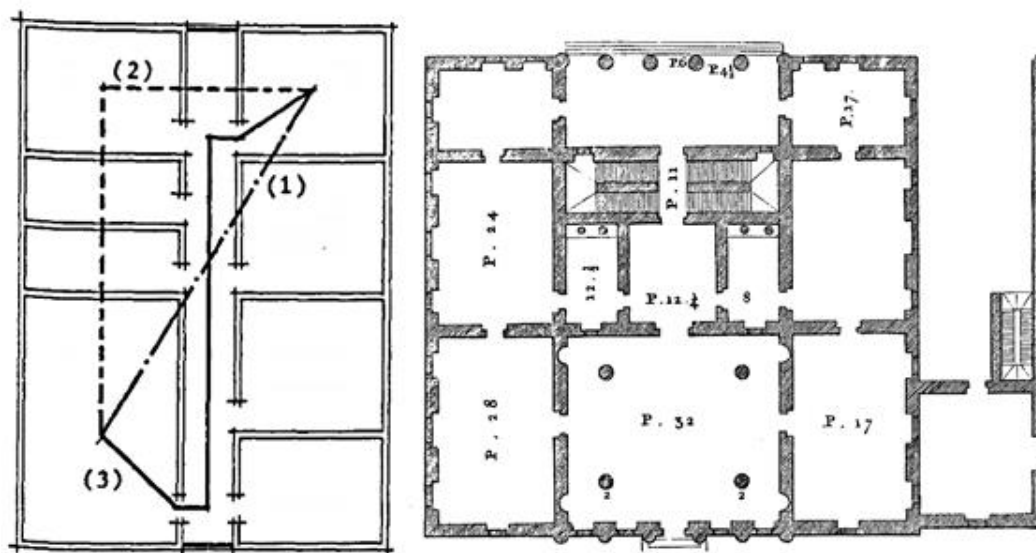


Figura 4.2 – Tipos de circulação.
Fonte: Al-nijaidi, 1985; Seo; Kim ,2013.

Na imagem à direita, no Palazzo Antonini de Andrea Palladio, não existe uma única circulação em si, mas uma organização circular onde todos os cômodos estão conectados com outros cômodos sem a definição de um único percurso. A indefinição é benéfica para o modo como as atividades ocorrem em cada cômodo e no seu conjunto, proporcionando múltiplos cenários de uso.

4.2.3 Área útil/construída

O tipo de estrutura e materiais aplicados no projeto arquitetônico são suscetíveis às diferenças entre a área ocupada por esses elementos e as áreas efetivamente úteis da habitação. Devido a espessura e forma desses elementos representados por pilares e vigas, paredes, divisórias e mobiliários, a diferença final é consideravelmente maior ou menor (Friedman, 1997; Agyefi-Mensah, 2013; Manewa, 2012; Farfán, 2016).

Na casa tradicional japonesa do escritório Kazuhiko + Kaoru Obayashi de 1850 (imagem à esquerda da Figura 4.3), que utiliza divisórias leves para a compartimentação interna, é notável a distinção das áreas úteis para as áreas construídas. As divisórias ocupam menos espaço e, portanto, o deixam mais livre

para ser utilizado, em contraposição ao que é observado na imagem da direita com o projeto Hufeisensiedlung (1925) de Bruno Taut e Martin Wagner.

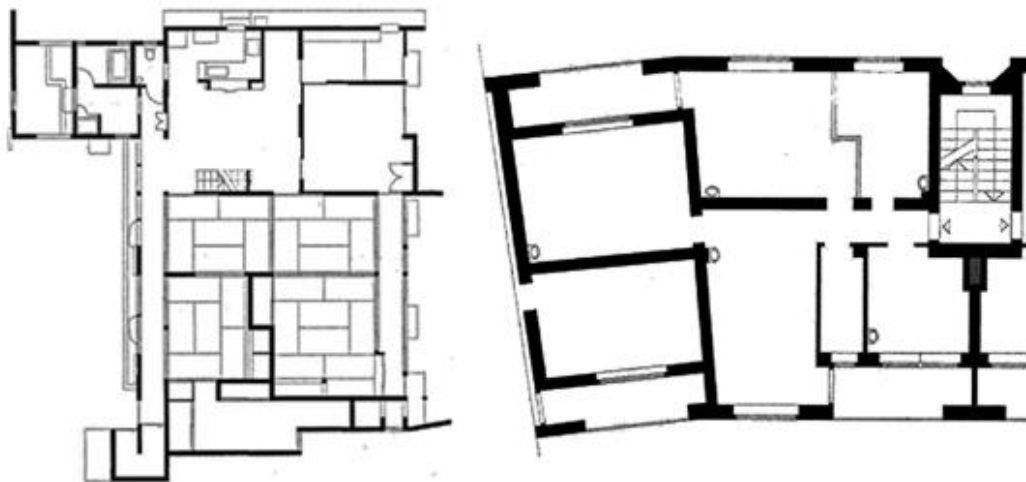


Figura 4.3 – Casa tradicional japonesa (1850) e Hufeisensiedlung (1925).
Fonte: Schneider, Till, 2007.

As paredes de alvenaria, principalmente aquelas de alvenaria estrutural, ocupam significativamente mais espaço. Para a compensação da proporção destes casos, as dimensões dos cômodos precisam ser mais generosas e a segmentação limitada.

4.2.4 Hierarquia e proporção

O dimensionamento de cada ambiente está sujeito a condicionantes como a quantidade de usuários, conforto visual/térmico/acústico, legislação e normas, terreno e processo construtivo. As atividades a serem exercidas, mobiliário e equipamentos domésticos são elementos-chave para a ergonomia do espaço. Por outro lado, as dimensões pré-estabelecidas restringem a modificação da habitação. De forma a tornar a habitação mais adaptável, é importante criar oportunidades de ligação entre os espaços e estabelecer proporções uniformes, evitando privilegiar um cômodo em comparação ao outro (Živković; Jovanović, 2012; Kim, 2013; Abdulpader et al., 2014).

Isso é visto na Figura 4.4 no projeto da Casa de Las Flores (1931) de Secundino Zuazo, que possui cômodos padronizados e possibilita múltiplos usos para cada um deles, excetuando-se as áreas molhadas. Como não existe uma hierarquização rígida, o apartamento é aproveitado em mais de um cenário.



Figura 4.4 – Casa de Las Flores (1931), possibilidade de uso.

Fonte: Montellano, 2015.

Hierarquia e proporção são uma questão de equilíbrio entre a liberdade dos espaços e de como utilizá-los, uma busca no favorecimento do que cada ambiente oferece para quem o usufrui. Não podem ser trabalhados isoladamente e precisam estar harmonia com outros componentes como circulação e acessos.

4.2.5 Pé-direito

A adaptabilidade não é restrita somente ao plano bidimensional (x,y) e estende-se ao terceiro eixo (z). Um pé-direito elevado permite que aconteçam adaptações no sentido vertical, modificando as relações de espaço e das visuais, (Pinder et al., 2013; Manewa et al., 2016; Heidrich et al., 2017). Na Figura 4.5 a ilustração e o projeto construído da Diagoon House (1967) expõem a concepção da relação entre as diferentes alturas e pisos da habitação. O estudo das visuais e a conexão dos ambientes tolera a exploração da habitação.

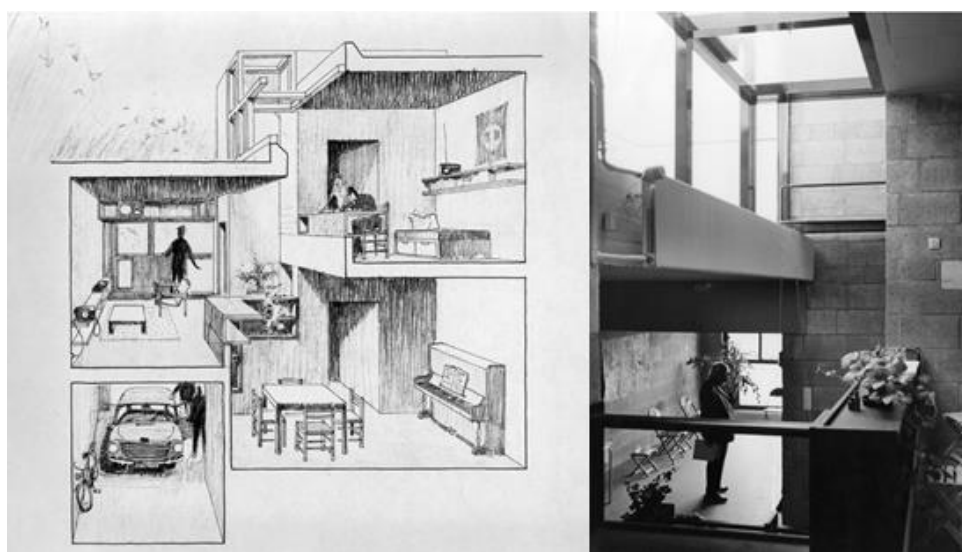


Figura 4.5 – Diagoon House (1967).

Fonte: Hertzberger, 2020.

A altura do pé-direito não precisa necessariamente conectar todos espaços, mas acrescenta outras funcionalidades ao(s) recinto(s). Além de armazenamento, que libera a utilização do cômodo, um pé-direito alongado pode abrigar um núcleo de atividade projetado acima do espaço disponível.

4.2.6 Vedações verticais com infraestrutura - Apoio

Todos os cômodos da edificação necessitam de instalação elétrica e/ou instalação hidrossanitária. As instalações elétricas possuem certo grau de adaptabilidade, entretanto, as instalações hidrossanitárias não permitem consideráveis modificações. Desse modo, quanto menor a quantidade de divisores verticais com instalações, melhor será a adaptabilidade das outras vedações na transformação da habitação (Greden, 2005; Cellucci; Di sivo, 2015; Farfan, 2016; Heidrich et al., 2017).

Na Figura 4.6, a residência Dapperbuurt (1989) de Margret Duinker e Machiel van der Torre possui todas as instalações hidrossanitárias concentradas na parte central. A autonomia do seu entorno concede aos usuários a oportunidade de adicionar novos divisores para organizar os ambientes.

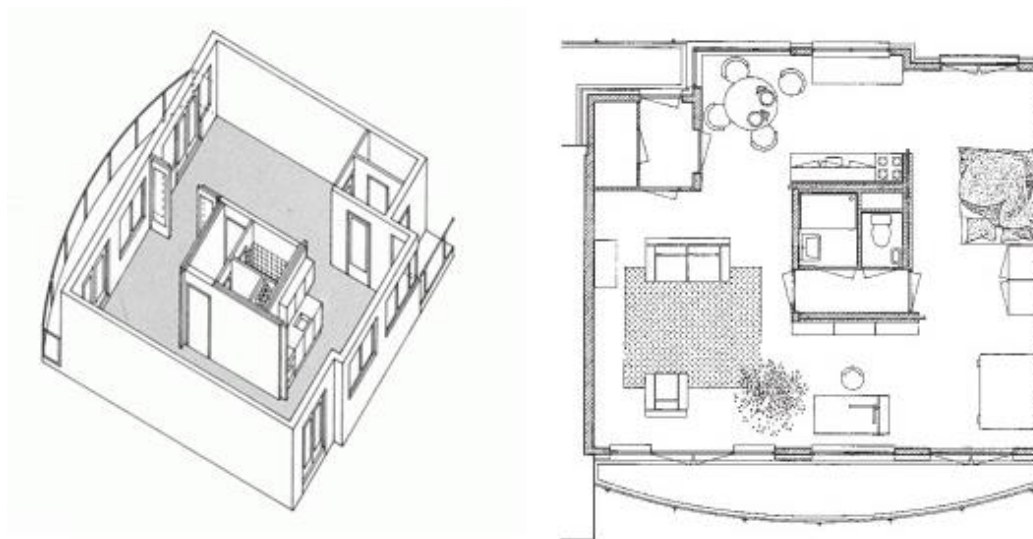


Figura 4.6 – Dapperbuurt (1989).

Fonte: DVD T, 2020; Heckmann; Schneider, 2012.

Adicionalmente, a manutenção e atualização das redes de água e esgoto quando concentradas é mais simples. A menor quantidade de tubulação reduz os custos de instalação e reduz desperdícios, assim como evita imprevistos que

ocorrem durante a ocupação do imóvel pela falta de conhecimento sobre a localização das instalações.

4.2.7 Sistema estrutural

Quando não conectada a outros modelos estruturais, a estrutura independente aumenta a área útil dos espaços e beneficia a modificação do layout, visto que seus elementos (pilares, vigas) ocupam menos a superfície da construção (Kincaid, 2000; Slaughter, 2010; Gosling et al., 2013; Pinder et al., 2013). A casa Dom-Ino de Corbusier (Figura 4.7) é um símbolo da estrutura independente e da relação entre as componentes da estrutura.



Figura 4.7 – Dom Ino (1914) estrutura independente e alvenaria estrutural.
Fonte: Davico, 2013 e Santos, 2020.

Em contrapartida, estruturas como a alvenaria estrutural não permitem a alteração de paredes, o que exige áreas maiores e equilíbrio na hierarquização dos espaços, ou seja, uma forte dependência da relação com outros fatores da edificação para que o projeto apresente algum tipo de adaptabilidade.

4.2.8 Tipos de vedação vertical

Atuam na separação dos ambientes, definindo a limitação de cada um deles. Configuram a relação de ambientes internos assim como a ligação do interior com o exterior. Possuem variadas espessuras e materiais com graus de instalação e manutenção diferentes. As alvenarias, quando não estruturais, podem ser alteradas, mas geram considerável entulho. A facilidade de remoção e alteração da divisória traz vantagens para a adaptabilidade dos cômodos, portanto, seus sistemas de encaixe e peças modulares, assim como materiais, são constantemente

investigados para o emprego nos projetos (Karni, 2000; Davico, 2013; Chien; Wang, 2014 e Gkajun, 2015).

As divisórias podem apresentar-se nas formas deslizante, pivotante, retrátil ou portátil. Na Figura 4.8, o segundo andar da Schröder Huis (1924) do arquiteto Gerrit Rietveld representa o uso de divisórias leves na distribuição dos espaços, que são facilmente integrados ou separados pelas divisórias deslizantes.

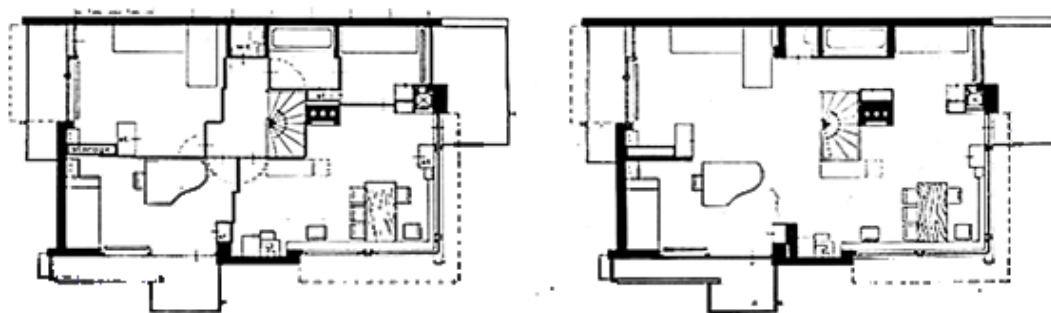


Figura 4.8 – Schröder Huis (1924).
Fonte: Gjakun, 2015.

Para promover a transformação da habitação, é essencial o fator de escolha sobre quais materiais e sistemas devem ser utilizados. Os confortos térmico e acústico precisam ser considerados e estão associados à praticidade de aplicação na ordenação dos espaços.

4.2.9 Aberturas

Além da organização interna das repartições da habitação, é preciso estar atento à correspondência desses espaços com o exterior. A presença de uma ou mais fenestrações, assim como o tipo de fenestração, afeta o modo como o ambiente é organizado. Ainda, o entorno influencia como as atividades são exercidas (Karni, 2000; Živković; Jovanović, 2012; Alaraji; Jusan, 2014).

No projeto Lake Shore Drive (1948) de Mies Van der Rohe (Figura 4.9, imagem à esquerda), os apartamentos localizados nas extremidades longitudinais possuem duas fachadas ligadas ao exterior, enquanto no restante somente uma fachada possui ligação. Nestes apartamentos, a maior disponibilidade de paredes facilita a distribuição do mobiliário e a colocação de divisórias.



Figura 4.9 – Lake Shore Drive (1948) e Casa de Las Flores (1931).
Fonte: Davico, 2013; Montellano, 2015.

Por outro lado, a grande fachada de vidro modulada não impede a colocação das divisórias, desde que esteja modulada com os pilares. Consequentemente, é necessário considerar uma relação de equilíbrio entre as paredes e fenestrações (dimensões e tipos) e sua modulação, o que é visto na Casa de Las Flores (imagem à direita). As aberturas devem garantir as condições mínimas de cada ambiente, porém, sem atrapalhar os meios de habitar.

4.2.10 Acessos

Conforme a localização e o layout, acessos independentes asseguram múltiplos percursos na circulação interna. Desse modo, a casa tem maior probabilidade de reorganização interna. (Schneider; Till, 2007; Živković; Jovanović, 2012 e Malakouti, 2019). A edificação Charlottenburg-Nord (1958) de Hans Scharoun é composta por diferentes apartamentos. Em um deles, a entrada pode ser realizada em mais de um acesso, possibilitando a configuração de dois apartamentos dentro de um único (Figura 4.10).



Figura 4.10 – Charlottenburg-Nord (1958) e Überbauung Hellmutstrasse (1985).
Fonte: Jorge, 2012; Schneider; Till, 2007.

Os acessos independentes aos quartos, tanto pela cozinha/área de serviço assim como pela circulação próxima à entrada incrementam a adaptabilidade do apartamento quando comparado com o *Überbauung Hellmutstrasse* (1985) do escritório ADP Architektur und Planung. O modo como os acessos são distribuídos no projeto são essenciais para as circulações e composição dos espaços.

4.2.11 Revestimentos

Os revestimentos representam na composição interna da habitação o “pano de fundo”, ou seja, a base do conceito que será aplicado pelo arquiteto no ambiente. A escolha do revestimento leva em consideração o preço, textura, cores, sensações do usuário, mobiliário e elementos como temperatura e umidade. No caso da umidade, remete-se à presença do vapor de água em espaços como a cozinha e a casa de banho, que normalmente recebem revestimento cerâmicos.

Conforme o tipo de material e a instalação (Figura 4.11), um revestimento possui a capacidade menor ou maior de ser removido e alterado, tanto no piso quanto nas paredes (Slaughter, 2010; Manewa, 2012; Gosling et al., 2013; Abdullah; Al-Alwan, 2019).



Figura 4.11 – Instalação revestimentos.
Fonte: Pinheiro Tintas; Masterconstruções, 2020.

Por exemplo, a pintura é o revestimento mais simples, com potencial de alteração quando comparado a um Porcelanato, que exige conhecimento técnico para aplicação e exige esforço físico para a sua retirada. Os revestimentos podem não ser a questão central da adaptabilidade, entretanto, interferem no estímulo de como utilizar um ambiente.

4.3 Critérios estratégicos

Além desses 11 critérios para a adaptabilidade na habitação, foram também levantadas estratégias utilizadas em projetos arquitetônicos para promover a flexibilidade. Com a mesma base bibliográfica citada na seção 4.2 e na seção 4.3, foram definidos os 12 critérios estratégicos.

4.3.1 Espaços indeterminados

Os espaços indeterminados são representados por cômodos que não possuem uma designação funcional específica, uma vez que comportam mais de função/atividade sem que necessariamente seus limites ou forma geométrica seja alterada (Figura 4.12). Para que a multifuncionalidade alcance maior eficiência, a relação no interior da habitação deve ser maximizada, evitando restringir ou unidirecionar a circulação (Hertzberger, 1991; Till, Schenider, 2005b; Leupen, 2006; Agyefi-Mensah, 2013; Montellano, 2015).

Em alguns projetos a utilização dos espaços autônomos, aqueles que não estão diretamente relacionados com os outros da habitação, fisicamente ou funcionalmente isolados do restante, também podem ser considerados como espaços multifuncionais. Geralmente são designados para conter atividades profissionais separadas da moradia, entretanto, os espaços autônomos podem ser utilizados para outras finalidades como dormitório ou depósito.

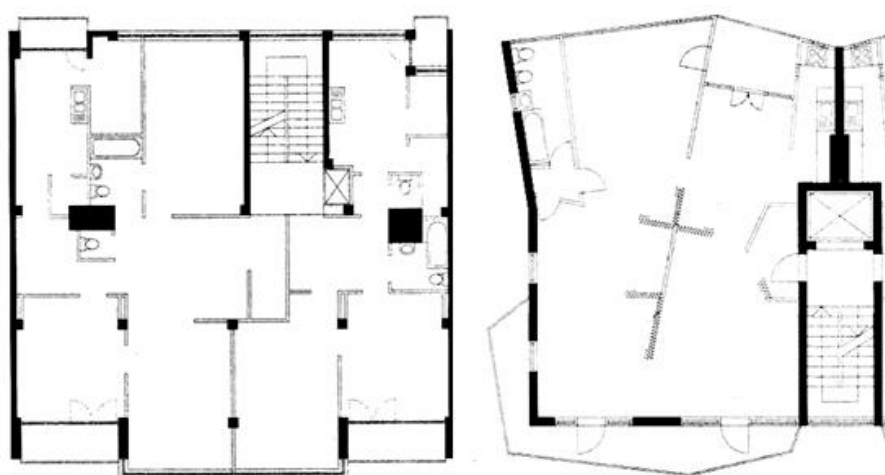


Figura 4.12 – Letohradská (1937) e Single-space House for Four People (1957).
Fonte: Schneider, Till, 2007.

O projeto Letohradská (1937) de Evzen Rosenberg propõe espaços indeterminados com exceção da cozinha e casas de banho. Sem designação específica, chamados somente de cômodos ou ambientes, são apropriados pelos seus residentes. O mesmo é visto no projeto Single-space House for Four People (1957) de Gio Ponti, que possui o conceito de atender os serviços mínimos de infraestruturas e possibilitar através dos seus painéis deslizantes a modificação dos interiores.

4.3.2 Modularidade

A modularidade considera todos os elementos da construção dotados de modularidade e algum tipo de conexão ou encaixe, de modo a facilitar sua instalação e manutenção. Os componentes modulares transformam-se no sentido de acrescentar ou subtrair, de conceder a possibilidade de alterar-se numa modificação de uso ou de manutenção (Greden, 2005, Manewa, 2012; Chien; Wang, 2014; Ross et al., 2016; Gosling et al., 2018).

A MIMA House (Figura 4.13) dos arquitetos portugueses Mário Sousa e Marta Brandão possui tamanho mínimo de 36 m² e cresce conforme a necessidade de quem a utiliza. Sua estrutura quadrada é dividida em módulos com divisórias de contraplacado e gesso. Para a sua montagem segue-se uma grelha de 1.5 x 1.5 metros (MIMA, 2011).



Figura 4.13 – MIMA House (2011).
Fonte: MIMA, 2011.

A praticidade de alteração dos diferentes elementos modulares fomenta a participação ativa dos usuários na personalização do seu espaço. Quanto mais simples o sistema de troca, mais favorável será a modificação e a permanência de quem habita na residência.

4.3.3 Mobiliário multifuncional

O mobiliário multifuncional são aqueles designados a executar mais de uma função ou atividade no espaço em que está inserido, de forma a reduzir o uso de área útil (Figura 4.14) e de outros elementos construtivos como paredes ou divisórias (Coelho; Cabrita, 2009; Manewa, 2012; Davico, 2013; Živković et al., 2014; Gjakun, 2015).



Figura 4.14 – Apartamento Unfolding (2007).
Fonte: MKCA, 2018.

O apartamento Unfolding (2007) do escritório MKCA possui um grande mobiliário, como uma espécie de armário, que abriga funcionalidades para o local em que está inserido. Além de closet, o armário desdobra-se em mesa, cama, escritório e algo semelhante a um bar. Separar cada uma dessas funções, no caso de apartamentos pequenos e pouco adaptáveis, desperdiça superfície que pode ser mais bem aproveitada em um único elemento.

4.3.4 Espaços multifuncionais

São formados pelos cômodos que possuem mais de uma função, entretanto, não possuem total liberdade de alteração como os espaços indeterminados. Normalmente, possuem uma área proporcionalmente maior para que abrigue suas funções, como, por exemplo, uma sala de estar e jantar (Figura 4.15) integrados com um Home Office (Coelho; Cabrita, 2009; Kisharini et al., 2015; Alkhansari, 2018; Malakouti et al., 2018).

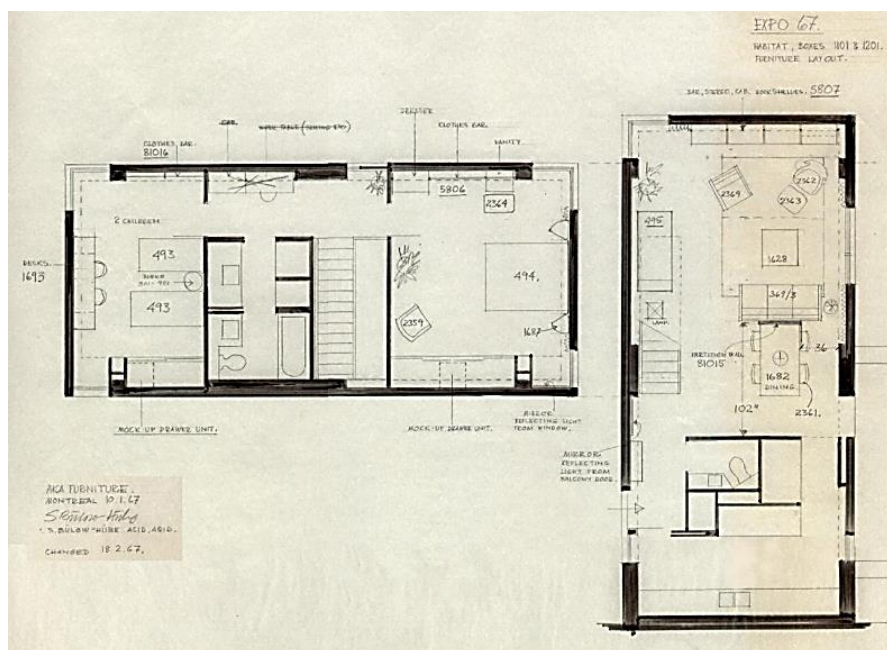


Figura 4.15 – Habitat'67 (1967).
Fonte: Jorge, 2012.

O projeto Habitat'67 de Moshe Safdie possui em seu térreo um considerável ambiente aberto, que pode ser usado de diferentes formas. No projeto, nota-se que o ambiente composto com sala de estar e jantar, o qual, pelas suas dimensões, permite alguns incrementos de função, porém, não é considerado como espaço indeterminado já que a configuração da habitação não tolera expressivas alterações.

4.3.5 Opções de programas arquitetônicos

Durante a elaboração do projeto, as opções de programa arquitetônico são definidas em apenas uma unidade habitacional ou por um conjunto de unidades habitacionais. O interior de uma única habitação é representado pelas alterações na organização do layout das paredes ou divisórias, no caso de um conjunto de habitações (Figura 4.16) é representada pela união e divisão com mais de uma unidade habitacional (Slaughter, 2010; Gosling et al., 2013; Herthogs et al., 2019).

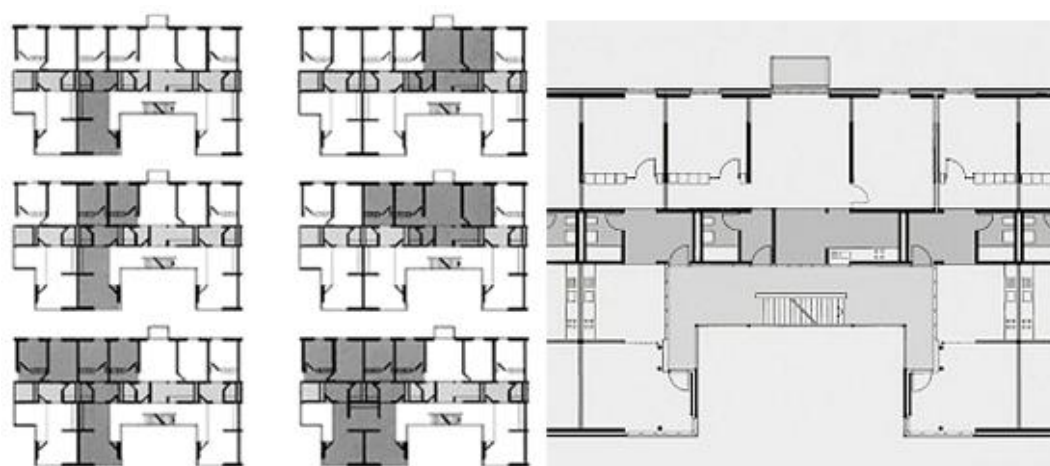


Figura 4.16 – Hellmutstrasse Neu (1985).

Fonte: Schneider; Till, 2005b; Ramseier; Ljaskowsky, 2020.

A edificação Hellmutstrasse Neu (1985) em Zurique, do escritório ADP Architektur und Planung, foi projetada para que seus apartamentos fossem combinados entre si para criar outros programas arquitetônicos. Com acesso em torno de três escadas metálicas, as divisórias são semelhantes às utilizadas em escritórios, para que a modificação seja facilitada (Wogeno, 2018; Schneider; Till, 2005b).

4.3.6 Planta livre

A planta livre trata dos espaços e divisões da residência consideradas neutras e independentes da estrutura, onde o futuro usuário decide como organizá-la. As zonas técnicas e de serviço podem estar pré-definidas de acordo com o projeto, porém, em alguns casos, há total liberdade na sua disposição. Agrupar as áreas molhadas (cozinha, serviço, casa de banho) e as áreas de manutenção (infraestruturas) em zonas específicas desprende o restante da habitação para adaptar-se, uma vez que as paredes (no caso de uma construção com estrutura independente) são alteradas sem maiores danos à infraestrutura (Gosling et al., 2013; Živković et al., 2014; Raviz et al., 2015; Ross et al., 2016; Alkhansari, 2018).

O edifício Simpatia (2007) do Grupo SP (Alvaro Puntoni, João Sodré, Jonathan Davies) localizado em São Paulo é constituído de apartamentos totalmente “vazios” internamente (Figura 4.17).

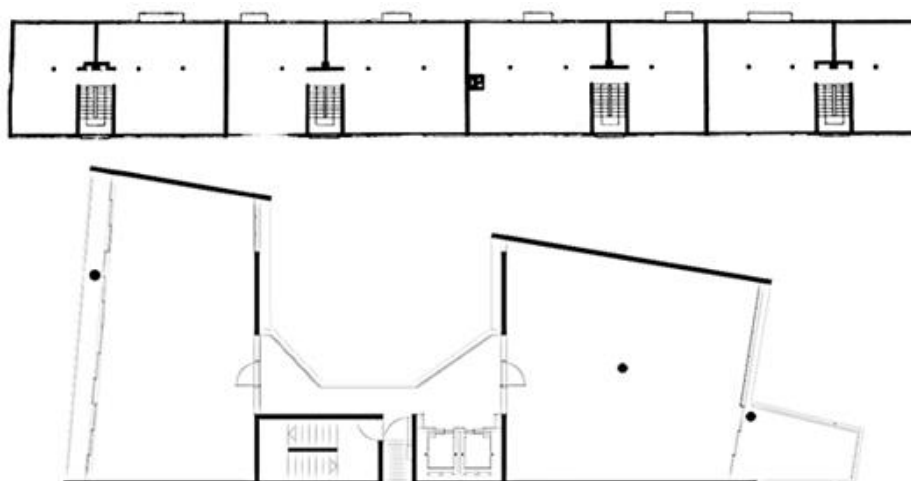


Figura 4.17 – Edifício Weisenhofsiedlung (1927) e Edifício Simpatia (2007).
Fonte: Saleiro Filho, 2009; Sambiasi, 2018.

A laje não recebeu contra piso e o forro não possui tratamento, viabilizando a escolha dos acabamentos. As colunas de infraestrutura e hidráulica estão junto aos pilares, liberando a localização da cozinha e casas de banho. (GrupoSP, 2018). A mesma ideia é vista no projeto Weisenhofsiedlung (1927) de Mies Van der Rohe, que demonstra que o uso da estratégia não é recente, mas progride conforme a evolução das tecnologias disponíveis.

4.3.7 Zona técnica e de serviços

Concentrar as áreas molhadas (cozinha, serviço, casas de banho) e as áreas de manutenção (infraestruturas) criam autonomia para a habitação adaptar-se, uma vez que as paredes (no caso de uma construção com estrutura independente) podem ser alteradas sem maiores danos às estruturas de água e luz (Živković; Jovanović, 2012; Raviz et al. 2015; Geraedts, 2016).

Os apartamentos do residencial Wohnen am Lohbach (1997) do escritório Baumschlager & Eberle na Figura 4.18 à esquerda possuem claramente as áreas molhadas agrupadas em uma única zona na porção central em torno da circulação da edificação.

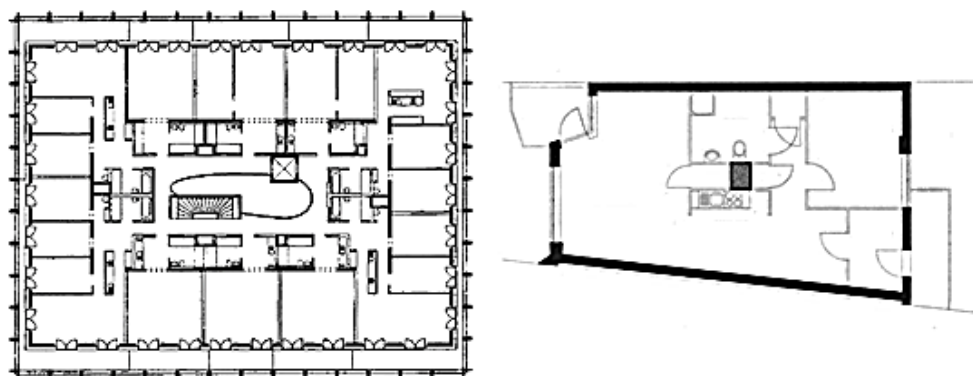


Figura 4.18 – Residencial Wohnen am Lohbach (1997) e Pelgromhof (1998).

Fonte: Brandão, 2002; Schneider; Til, 2007.

No caso do projeto Pelgromhof (1998) de Frans van der Werf, os apartamentos residenciais possuem um núcleo central por onde toda a tubulação é concentrada para facilitar a manutenção e organização do espaço. O zoneamento pode estar concentrado em somente um ponto ou distribuído em mais de um local, entretanto, quanto mais reduzido, melhor será o resultado.

4.3.8 Expansibilidade

A expansibilidade está baseada na possibilidade de expansão em área útil da habitação, geralmente ligada ao tipo de estrutura da construção e do seu terreno. A expansibilidade (Figura 4.19) pode estar associada ou não à capacidade de retornar ao seu estado inicial. Layers das diferentes componentes e a disposição dos elementos da construção (divisores verticais, acessos, estruturas, coberturas etc.) em camadas individuais necessitam serem trabalhadas separadamente (Al-Nijaidi, 1985; Ross et al., 2016; Manewa et al. 2016; Alkhansari, 2018).

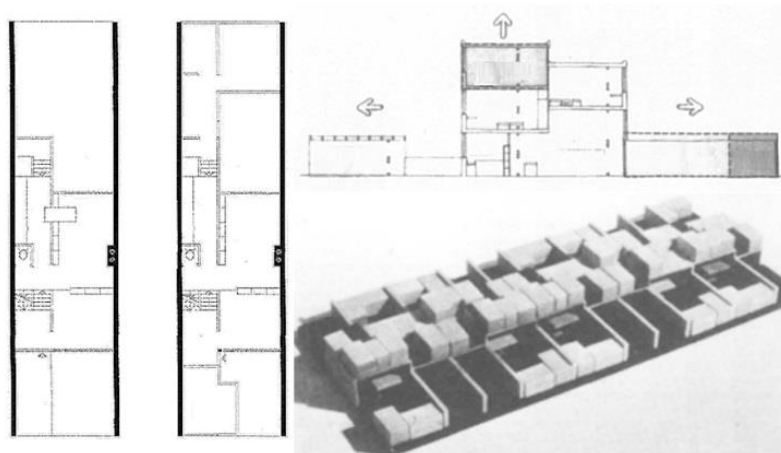


Figura 4.19 – Extendible houses 't Hooft (1963).

Fonte: Schneider, Till, 2007.

No projeto Extendible houses 't Hooft (1963) de Johannes Van den Broek e Jacob Bakema as casas expandem-se no pátio frontal e traseiro, assim como verticalmente. Na imagem à esquerda, a habitação no formato original e, logo ao lado, uma formatação que ocupa todo o terreno, através de uma sugestão de como dividir os cômodos.

4.3.9 Componentes em layers (vida útil)

As layers das diferentes componentes é a disposição dos elementos da construção (divisores verticais, acessos, estruturas, coberturas etc.) em camadas individuais que são trabalhadas separadamente (Figura 4.20).

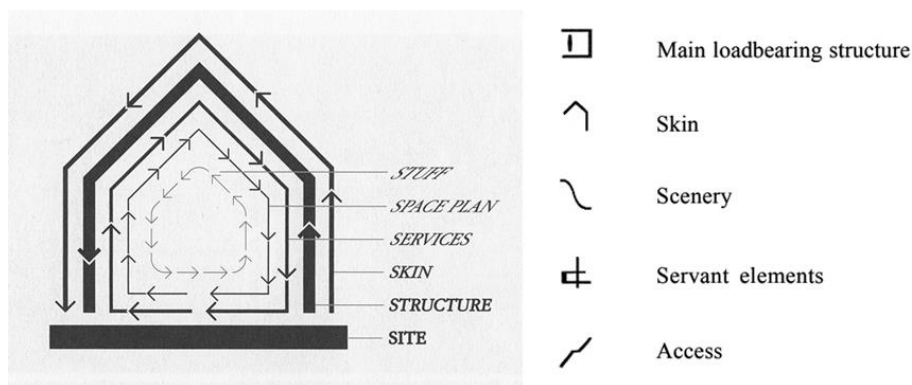


Figura 4.20 – Layers da construção.
Fonte: Brand, 1994; Leupen, 2004.

O principal objetivo da dissociação dos elementos é o trabalho com a respectiva vida útil de cada uma delas (Gosling et al., 2013; Gijsbers; Lichtenberg, 2016; Manewa et al., 2016; Pinder et al., 2016). Isso é visto, principalmente, no trabalho de Brand no livro “How Building Learn” (Brand, 1994) na imagem à esquerda da Figura 4.20, onde as layers do topo até a base possuem ordem decrescente de alteração ao longo dos anos. Com uma percepção semelhante, Leupen (2004) apresenta outra definição de Layers para uma construção, na imagem à direita da mesma Figura, porém abordando as camadas de um modo diferente.

4.3.10 Acesso para manutenção

A disposição dos elementos da habitação em layers não será suficiente se todos não possuírem acesso para a realização de manutenção. O acesso (Figura 4.21) permite trocas e atualizações dos sistemas da residência, de forma que avarias sejam corrigidas e o uso da habitação se prolongue por longos anos, sem

demolições e inconveniências para os usuários (Bullen; Love, 2010; Narahara, 2010; Cellucci; Di Sivo, 2015; Ross et al., 2016).

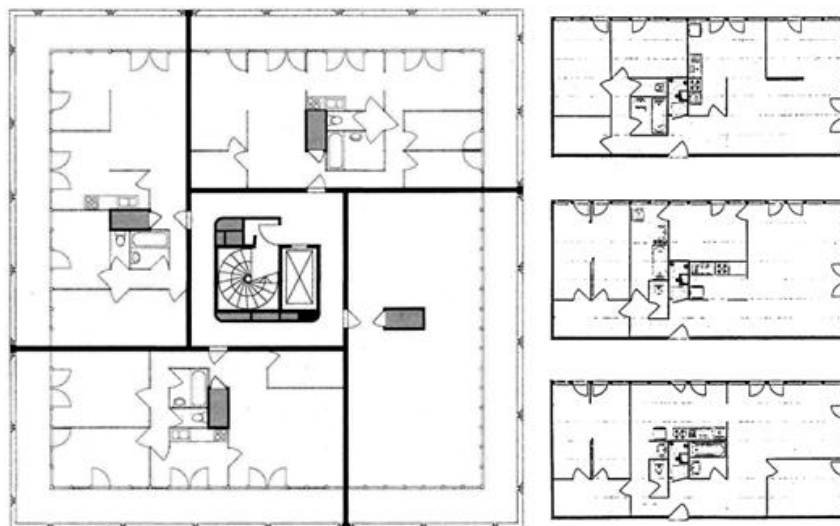


Figura 4.21 – Montereau (1971).

Fonte: Schenider;Till, 2007; Periañez, 1993.

O edifício Montereau (1971) dos Irmãos Arsène-Henry possui um núcleo técnico para agrupar todas as infraestruturas necessárias para cada apartamento. Semelhante a um cômodo, o local é acessado por uma simples porta, o que disponibiliza todos os equipamentos para manutenção. Atualmente, existem tecnologias que permitem que o acesso seja realizado descomplicado ao mesmo tempo que é camuflado com os outros materiais do seu entorno.

4.3.11 *Flexibilidade de componentes*

A flexibilidade de componentes é todo o elemento da construção que possui a capacidade de transformar-se e retornar ao estado anterior. Refere-se ao conceito de flexibilidade propriamente, por exemplo, portas deslizantes e divisórias móveis que unem ou separam cômodos ou, ainda, algum elemento arquitetônico (Figura 4.22) que permita a transformação do ambiente (Kincaid, 2000; Slaughter, 2001; Pinder et al., 2013; Manewa et al., 2016).

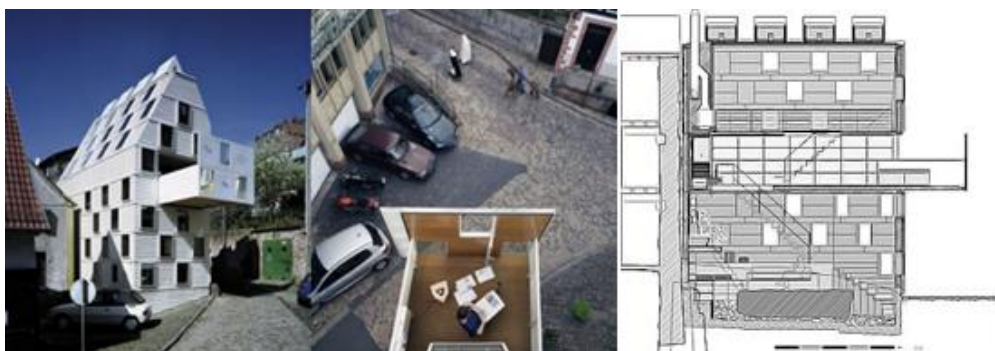


Figura 4.22 – Living Room (2005).

Fonte: Formalhaut, 2018.

A casa Living Room (2005) do escritório Formalhaut é uma das perspectivas não comum desta categoria. A sala é projetada para o exterior expandido o volume da casa e criando uma espécie de varanda. Quando não utilizada a varanda retorna ao interior, a qual configura apenas uma sala novamente.

4.3.12 Participação do usuário

Para atender as necessidades específicas do usuário, a participação tem início desde a concepção do projeto. A utilização da estratégia como usuário individual é uma das mais complicadas, limitando-se normalmente para a construção de casas (Figura 4.23), uma vez que a habitação multifamiliar possui maior rotação de usuários. A melhor forma de aplicar a estratégia é entender coletivamente os tipos de usuários para os quais são destinadas as habitações, compreendendo-se a localização e seu entorno, assim como costumes culturais. Somado a isto, deixar o projeto mais adaptável possível, para que cada residente o transforme conforme sua vontade (Schneider, Till, 2005a; Habraken, 2008; Sinclair et al., 2012; Farfán, 2016).

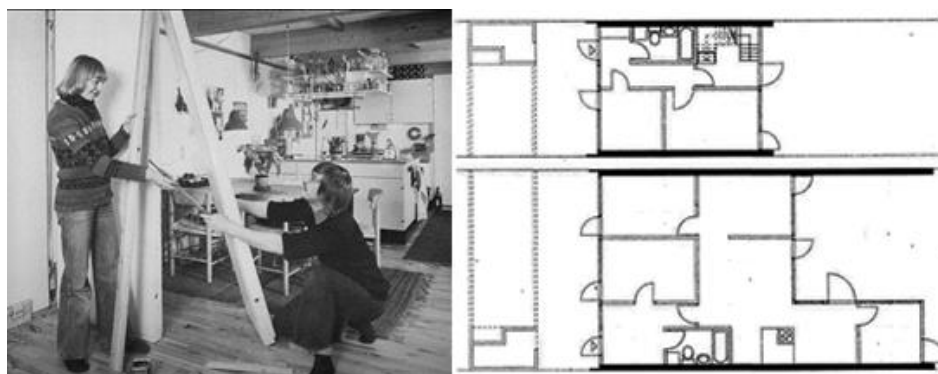


Figura 4.23 – Flexibo (1976).

Fonte: Schneider; Till, 2007; Arkitekturbilleder, 2020.

No projeto Flexibo (1976) do escritório Faellestegnestuen, além da participação dos usuários na concepção das habitações, houve participação ativa durante a construção. A edificação possui elementos pré-fabricados de concreto e madeira laminada, que não podem ser alterados, entretanto, o interior possui um sistema de divisórias modulares que é reconfigurado pelos habitantes.

4.4 Conclusões

Com base nos dois grandes grupos de critérios, Critérios Construção e Critérios Estratégias, é evidente o mérito da relação entre a escolha dos materiais que são utilizados na construção com as dimensões dos espaços e da sua organização. Estas escolhas dependem da moderação entre o arquiteto que projeta e o cliente que utiliza, conforme recursos financeiros, legislação e aspectos culturais.

Os critérios desta investigação abordam a habitação como um todo no seu aspecto técnico, apesar de no meio acadêmico e na literatura científica existirem algumas variações, que aparecem com denominações diferentes. Os critérios do grupo critérios construção se referem à capacidade de adaptação, a aptidão de modificação, da transformação da habitação de um estado para outro.

Já os critérios do grupo critérios estratégias são referentes à capacidade de flexibilização, de modificações em escalas menores, que são alteradas de um estado para outro e que retornam posteriormente ao estado original sem maiores esforços. Está baseada em cenários, situações do cotidiano que exigem uma condição ou outra, rígidas e planejadas.

Desse modo, podemos concluir que a adaptabilidade e flexibilidade precisam ser trabalhadas em conjunto, em conformidade com o habitante e seu habitat. É através da observação e ponderação das escolhas no momento de projetar que se atinge a qualidade da habitação, seja como abrigo e detentora das várias atividades assim como potencialmente transformável para as vivências de cada pessoa.

Adicionalmente, os critérios dificilmente trabalham de forma isolada e autônoma. A habitação e as construções, em geral, possuem elementos que se complementam com o entendimento de que cada escolha possui uma consequência, ou seja, a ponderação e a percepção do arquiteto e do usuário são indispensáveis.

CAPÍTULO 5

ESTRUTURAÇÃO DOS ÍNDICES DE DESEMPENHO

A avaliação da adaptabilidade e flexibilidade dos espaços residenciais nesta investigação é composta, fundamentalmente, do levantamento bibliográfico de critérios (Capítulo 4) capazes de representar as características nos modos de habitar. Para tanto, a avaliação da adaptabilidade e flexibilidade é proposta através da elaboração de índices de desempenho quantitativos, demandando a identificação do nível de importância dos critérios mais relevantes para proporcionar a transformação da habitação.

A verificação da importância dos critérios não pode ser uma escolha individual realizado pelo autor da investigação, o que exige um processo metodológico científico que utiliza a opinião de especialistas em arquitetura, ponderadas com o uso de um método de análise multicriterial⁹, devido à sua adequação com o problema proposto. Em complemento, a fim de aumentar o conhecimento sobre os critérios elencados na revisão bibliográfica, a opinião dos especialistas é utilizada para detalhar particularidades dos critérios que influenciam adaptabilidade e flexibilidade dos espaços residenciais.

Em um segundo momento, a análise multicriterial demanda a identificação de atributos que caracterizam a situação do espaço residencial avaliado em relação a cada um dos critérios construção e critérios estratégias, expressos quantitativamente. A coleta dos dados para os atributos é realizada através do desenvolvimento de algoritmos, capazes de ler as características do projeto habitacional estudado, para obter os valores dos atributos. As rotinas de coleta dos dados a partir de algoritmos estão detalhadas no Capítulo 6.

Com os níveis de importância dos critérios identificados e os atributos dos critérios caracterizados, o cálculo do índice de desempenho da adaptabilidade e do índice de desempenho da flexibilidade são viabilizados. Independente do espaço habitacional estudado, a importância dos critérios é constante, com base na opinião dos especialistas pesquisados, enquanto os atributos variam conforme a relação da adaptabilidade e flexibilidade com as características de cada espaço habitacional.

⁹ Ver Šiožinytė; Antuchevičienė (2013), Velayati et al. (2018) e Cavalliere et al. (2019).

5.1 O processo de análise multicritério

Independente do contexto em que o problema está inserido, as pessoas estão expostas, tanto profissionalmente quanto pessoalmente, a processos de tomada de decisão, em que critérios condicionam para a escolha de alternativas. A tomada de decisão, utilizando a análise multicritério, geralmente está vinculada a determinação de quais critérios relacionados ao problema possuem maior relevância, função rotineiramente denominada como hierarquização.

Por possuir um caráter científico, critérios de natureza qualitativa e quantitativa são utilizadas no processo de tomada de decisão, desde que estes critérios sintetizem coerentemente o contexto, produzindo conhecimento e aumentando o entendimento a respeito do problema (Ishizaka et al., 2012; Saaty, 2013). Diversos métodos científicos de análise multicritério foram desenvolvidos ao longo dos últimos 40 anos, com aplicações nos mais diversos setores, como gestão organizacional, hospitais, transportes públicos, urbanismo, dentre outros.

Da mesma forma, o desenvolvimento de técnicas cada vez mais robustas ao longo dos anos permitiu que investigações científicas mais complexas fossem propostas. Assim, técnicas das áreas de pesquisa operacional e estatística, como correlação, regressão linear, análise envoltória de dados e métodos multicritério de apoio a decisão, são empregados para atender diferentes demandas de pesquisa, independente do contexto de aplicação prática.

A análise multicritério de apoio à decisão tem por finalidade suportar o tomador de decisão, provendo um passo-a-passo e técnicas capazes de encontrar resultados técnicos coerentes para qualquer contexto. A análise multicritério está baseada em conceitos matemáticos, de gestão, informática, psicologia e ciências sociais.

Em geral, a condução de uma análise multicritério necessita do envolvimento de três tipos de agentes da decisão, definidos também como atores da análise multicritério: os facilitadores, os decisores e os agidos. O facilitador é o responsável por desenvolver o sistema de mensuração, além de organizar os dados de entrada e os diagnósticos adotados para a coleta de dados. Os decisores são uma pessoa ou um grupo de pessoas que moralmente possuem o poder da tomada de decisão para o caso, além de serem profundos conhecedores das características do problema. Por fim, os agidos são todos os envolvidos com o processo de decisão

(interessados, colaboradores de um escritório etc.) que não são responsáveis pela tomada de decisão.

Roy e Vincke (1981) propõem que existem quatro tipos principais de problemas de tomada de decisão (problema de escolha, classificação, ranqueamento e descritivos), que de alguma forma estão relacionadas ao formato em que os dados são disponibilizados e, principalmente, ao formato com que é esperado os resultados a serem obtidos.

A tomada de decisão apresentada está relacionada ao processo de tomada de decisão para um problema de escolha, de modo a ocorrer a seleção das melhores, ou “boas”, opções dentre o rol de alternativas. Critérios são características intrínsecas do problema. Quanto aos agentes do processo de tomada de decisão, os facilitadores são os autores, como não poderia ser diferente para este tipo de investigação. Os decisores são profissionais da arquitetura. Por fim, os agidos são os profissionais de arquitetura, ou outras áreas, interessadas no tema de investigação apresentado.

Dentre as diversas formas metodológicas de se realizar a análise multicritério, autores como Ehrgott et al. (2010) propõem possibilidades de aplicação de acordo com a teoria principal em que se baseiam, a partir da classificação de duas possibilidades, a escola americana e a escola francesa.

A escola americana está diretamente relacionada aos tradicionais métodos da pesquisa operacional, pois visa retornar ao usuário, objetivamente, uma solução ótima a partir das opções e das caracterizações quantitativa dos critérios que constituem o modelo, por meio de funções denominadas por utilidade ou valor, agregando assim taxas de substituição capazes de informar ao decisor a importância relativa entre eles até o fim da estrutura hierárquica estabelecida, denominado como paradigma racionalista. Constantemente o formato de tratamento dos dados é caracterizado como de abordagem de critério único de síntese, por haver uma forte correlação entre os seus perfis (Ehrgott et al. 2010; Doumpos; Zopouridis., 2011).

Uma das vertentes desta escola segue os pressupostos desenvolvidos por Thomas Saaty no início dos anos 70, chamada de Análise Hierárquica de Processos (AHP), que consiste na verificação, através da realização de julgamentos durante todos os níveis da estrutura hierárquica estudada, de quais alternativas elencadas

são mais interessantes para o caso, gerando assim uma pré-ordem das opções a fim de facilitar na escolha a ser realizada pelos decisores (Saaty, 1980).

A proposta tem por premissa básica indicar a importância relativa existente entre cada um dos critérios pertencentes a um nível principal, até se chegar aos critérios submetidos para análises quantitativas a respeito do problema, hierarquizados por meio de comparações par a par, de forma a transcrever como as mudanças das características nos níveis mais altos se distribuem e afetam direta ou indiretamente os respectivos subníveis (Saaty; Shang, 2011).

A construção hierárquica do sistema visa o desenvolvimento do raciocínio lógico do pesquisador, buscando a definição do objetivo para o qual está sendo proposto, de modo a ocorrer a divisão da estrutura em níveis, onde cada critérios relevante é responsável, respectivamente, pelos localizados diretamente abaixo deles, partindo inicialmente de um primeiro nível que compreende os ligados diretamente ao objetivo central estudado, até o último, composto pelas alternativas a mensuração de desempenho em consideração.

Como a interação entre os elos ocorre de maneira paritária (par a par), existe a possibilidade da associação de valores quantitativos que representam a importância na relação entre cada um deles e reflete a sua situação em pares, o que gera a matriz representativa do critério estudado e, posteriormente, as taxas de substituição globais dos critérios em proporção ao objetivo (Ehrgott et al., 2010; Saaty; Shang, 2011).

Por ser um método versátil, aplicações usando métodos multicritérios para a tomada de decisão são encontradas em diferentes contextos, inclusive na arquitetura. Um número relevante de artigos é encontrado na literatura, quando da utilização métodos multicritério para a tomada de decisão. Šiožinytė e Antuchevičienė (2013) propuseram uma solução racional que utiliza Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) e Weighted Aggregated Sum Product Assessment (WASPAS) para ranquear soluções alternativas para aprimorar iluminação natural em construções vernaculares. A AHP também foi aplicada para avaliar a importância relativa de critério quantitativos e qualitativos, que resultam no equilíbrio entre a manutenção da tradição e o aperfeiçoamento das edificações contemporâneas.

Semelhantemente, Šiožinytė et al. (2014) utiliza técnicas e conceitos para desenvolver um método de compatibilizar normas de construção contemporâneas em edifícios do patrimônio arquitetônico com redução do impacto negativo. Em ambos estudos, Šiožinytė e Antuchevičienė (2013) e Šiožinytė et al. (2014) foram aplicados casos de estudo na Lituânia, para comprovar a eficiência dos métodos propostos. Velayati et al. (2018) utiliza o AHP para mensurar o impacto de alguns aspectos arquitetônicos em complexos residenciais inseridos nas áreas urbanas de Tabriz, Irã. O contexto econômico, político e social demonstrara grande peso no trabalho.

Cheung et al. (2002) aplicou AHP para desenvolver um método de selecionar arquitetos baseado em um quadro de critérios divididos em 27 categorias (fatores). Como resultado, criou-se o programa Architectural Consultant Selection System (ACSS) após a coleta de dados em Hong Kong. Pons et al. (2016), realizam uma análise sistemática de quais ferramentas e métodos são mais utilizados na avaliação da sustentabilidade. A abordagem multicritério Spanish Integrated Value Model for the Sustainability Assessment (MIVES) foi utilizada para realizar o estudo. Já citados no Capítulo 4, Malakouti et al. (2019) utilizam o HQI para mensurar os critérios de flexibilidade da habitação em conjunto com o Fuzzy Topsis e Cavalliere et al. (2019) abordam os critérios para a flexibilidade com a utilização do AHP.

Desse modo, verifica-se pelas investigações citadas que o uso do AHP é apropriado para os diferentes contextos que envolvem a arquitetura e o ato de projetar.

5.2 Definição dos índices de desempenho

Conforme comentado no Capítulo 4, os critérios foram divididos em dois grupos: os critérios construção e os critérios estratégias, definidos por intermédio do levantamento realizado em artigos científicos e teses de doutoramento citados nas seções 4.2 e 4.3.

Um total de 11 critérios construção estão relacionados ao modo como foi construída a habitação, levando em conta organização, dimensionamento e instalações de infraestrutura. Os 12 critérios estratégias são definidos pelas táticas utilizadas pelos arquitetos para garantir a flexibilidade e/ou adaptabilidade da construção. A Tabela 5.1 mostra a nomenclatura e o nome dos critérios do grupo da

construção, enquanto o Tabela 5.2 a nomenclatura e o nome critérios do grupo das estratégias.

Tabela 5.1 – Critérios construção.

Nomenclatura	Critério
1A	Forma geométrica e dimensão
1B	Tipo e dimensão da circulação
1C	Proporção da área construída com a área útil
1D	Proporção/hierarquia entre os espaços
1E	Altura pé-direito
1F	Quantidade de vedações verticais com infraestrutura
1G	Sistema Estrutural
1H	Tipo de vedação vertical
1I	Proporção paredes com e sem janela
1J	Quantidade e localização dos acessos
1K	Revestimentos

Fonte: A autora.

Tabela 5.2 – Critérios estratégias.

Nomenclatura	Critério
2A	Espaços indeterminados
2B	Modularidade
2C	Mobiliário multifuncional
2D	Espaços multifuncionais
2E	Opções de programas arquitetônicos
2F	Planta livre
2G	Zona técnica e de serviços
2H	Expansibilidade
2I	Componentes em layers (vida útil)
2J	Acesso para manutenção
2K	Flexibilidade de componentes
2L	Participação do usuário

Fonte: A autora.

A avaliação da adaptabilidade e flexibilidade utilizando a AHP foi desenvolvido com base nos critérios construção e critérios estratégias. A situação de um espaço residencial é verificada a partir do desempenho quantitativos calculados com os Índices de Adaptabilidade e Flexibilidade. Para tanto, ambos índices demandam a identificação do nível de importância dos critérios, além dos atributos que caracterizam a situação do espaço residencial avaliado em relação a cada um dos critérios construção e critérios estratégias.

A primeira parte para o cálculo dos Índices de Adaptabilidade e Flexibilidade envolve a verificação do nível de importância dos critérios, com objetivo compreender a perspectiva de arquitetos, neste estudo chamados de especialistas, sobre a flexibilidade e adaptabilidade no espaço habitacional.

Para cada especialista, o cálculo da importância dos critérios é desenvolvido através da conversão das respostas qualitativas em uma escala numérica de 1 a 9, utilizando como bases a escala de avaliação fundamental proposta em Saaty (1980). O valor mais inferior igual a 1 foi atribuído a resposta “sem relevância”, 3 para “pouco relevante”, 5 para “razoavelmente relevante”, 7 para “relevante” e 9 para a resposta “muito relevante”.

A seguir, foram aplicados aos critérios os pressupostos contidos na AHP, de modo a se utilizar dos conceitos a respeito da concepção de matrizes de julgamentos para a comparação paritária entre os critérios localizados em um mesmo grupo. Um exemplo genérico de matriz de julgamento M com três critérios é mostrado, sendo a importância do critério A igual a 5, B igual a 7 e C igual a 3.

$$M = \begin{bmatrix} 5/5 & 5/7 & 5/3 \\ 7/5 & 7/7 & 7/3 \\ 3/5 & 3/7 & 3/3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1,00 & 0,71 & 1,67 \\ 1,40 & 1,00 & 2,33 \\ 0,60 & 0,43 & 1,00 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3,38 \\ 4,73 \\ 2,03 \end{bmatrix}$$

A importância de um critério é relativa à importância total de todos os critérios do grupo. Utilizando como exemplo a matriz de julgamentos apresentada anteriormente, o valor da soma das linhas da matriz, que corresponde a intensidade de cada um dos três critérios é 10,14, valor utilizado como denominador para o cálculo da importância individual dos critérios, no caso 33% para A, 47% para B e 20% para C. Portanto, é possível afirmar que para o especialista consultado, o critério B possui uma relevância maior a observada para o critério A que, por consequência, é mais relevante que o critério C. Independentemente da quantidade de critérios comparados em uma matriz de julgamentos, a soma das importâncias deve ser igual a 100%.

$$M = \begin{bmatrix} 3,38 \\ 4,73 \\ 2,03 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3,38/10,14 \\ 4,73/10,14 \\ 2,03/10,14 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,33 \\ 0,47 \\ 0,20 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 33\% \\ 47\% \\ 20\% \end{bmatrix}$$

Por se tratar de um estudo que envolve o questionamento de mais de um especialista, o valor final da importância dos critérios é calculado com base na média aritmética das importâncias calculadas para todos os especialistas.

Para viabilizar a recolha dos dados necessários para mensurar a importância dos critérios elencados, um questionário de pesquisa foi elaborado, a partir da criação de um instrumento estruturado fechado de coleta de dados (nomeado como questionário), elaborado na plataforma Google Forms dividido em duas seções, conforme os grupos dos critérios construção e critérios estratégias. Em cada seção, as perguntas são compostas de cinco alternativas (sem relevância, pouco relevante, razoavelmente relevante, relevante e muito relevante), onde cada pergunta admite apenas uma resposta, como visto no Apêndice A. Um exemplo de pergunta realizada no questionário para identificar a importância dos critérios é apresentado no Tabela 5.3.

Tabela 5.3 – Exemplo de pergunta para a identificar a importância dos critérios.

Conforme sua opinião, selecione o nível de relevância de cada um dos elementos abaixo para a adaptabilidade na habitação:	
1. Forma geométrica e dimensão dos espaços e da planta baixa	Sem relevância
	Pouco relevante
	Razoavelmente relevante
	Relevante
	Muito relevante

Fonte: A autora.

Além das perguntas, o especialista deve informar o seu país de residência e viés profissional (acadêmico ou escritório). O questionário foi enviado para cerca de 150 profissionais, entre arquitetos atuantes em escritório e docentes em cursos de Arquitetura com grau de instrução de, pelo menos, mestrado. Um total de 22 profissionais arquitetos atenderam a solicitação, realizada em 2019. Quanto ao viés profissional, 16 especialistas estão ligados diretamente a atividades acadêmicas e de pesquisa, sendo 11 vinculados a instituições de ensino brasileiras e 5 a instituições de ensino portuguesas. Os restantes 6 especialistas são profissionais que trabalham em escritórios de arquitetura, sendo 3 vinculados a escritórios brasileiros e 3 a escritórios portugueses.

O perfil dos especialistas do grupo profissional acadêmico possui as seguintes características:

- 87,5% possuem grau de Doutorado e 12,5% Mestrado;
- 50,0% trabalham como pesquisador há mais de 20 anos, 18,75% entre 10 e 20 anos e 31,25% há 10 anos ou menos;
- 37,5% pesquisam sobre processo projetual; 25% sobre habitação, 18,75% sobre paisagismo, 12,5% sobre tecnologia da construção e 6,25% sobre patrimônio arquitetônico.

No caso do perfil dos especialistas do grupo profissional estão as seguintes características:

- 50,0% possuem escritório de arquitetura entre 20 e 30 anos, 33,33% entre 10 e 20 anos e 16,67% entre 5 e 10 anos;
- 100% trabalham com projetos de arquitetura habitacional e comercial;
- 50% trabalham igualmente com projetos de arquitetura institucional;
- 16,67% trabalham igualmente com projetos de urbanismo;
- 16,67% trabalham igualmente com projetos de paisagismo;
- 16,67% trabalham igualmente com projetos de interiores.

De modo a realizar uma comparação, optou-se por aplicar o questionário em Portugal e no estado do Rio Grande do Sul no Brasil, abrangendo uma população semelhante entre os dois locais, sendo o fato preponderante para a submissão do instrumento de coleta a profissionais que trabalham em escritórios e instituições de ensino e pesquisa localizadas nestes países. Por não se tratar de um estudo estatístico paramétrico, uma possível diferença no número de especialistas de um viés comparado a outro não interfere na qualidade dos resultados e análises realizadas. Foi solicitado aos especialistas responderem o questionário de acordo com suas experiências profissionais no tema, seja pelo processo de projetar ou pesquisas realizadas no meio científico.

Com base na opinião dos especialistas a análise da importância de cada critério é realizada no geral e em específico, conforme o perfil dos especialistas. Considerando a opinião não estratificada de todos os especialistas, as barras verticais das Figuras 5.1 e 5.2 mostram os resultados obtidos para a importância dos 23 critérios elencados, separados em critérios construção e critérios estratégias, respectivamente. O traço em laranja representa os valores das importâncias para o perfil profissional acadêmico, enquanto o traço em azul representa o profissional.

Os resultados mostram que a importância relativa entre os critérios não possui uma amplitude elevada, de modo que os valores mínimos e máximos estão

ajustados numa faixa de valores entre, aproximadamente, 7% e 12%. Tal comportamento da amplitude de valores pode ser observada quando da verificação das importâncias independente se o perfil do especialista é profissional ou profissional acadêmico.

Esses valores aproximados reforçam o mérito dos critérios como relevantes para a adaptabilidade na habitação, ou seja, todos influenciam na possibilidade de transformação da habitação. Portanto, o levantamento realizado para a seleção dos critérios torna-se validado e coerente com a proposta deste trabalho. A homogeneidade entre os dois perfis dos especialistas igualmente reforça que independente do campo de trabalho e do país, há uma consciência sobre o tema.

Nos critérios construção (Figura 5.1), dois critérios se sobressaíram em relação aos demais, a Forma geométrica e dimensão (1A: 11,05%) e Proporção/hierarquia entre os espaços (1D: 10,05%). Esses dois critérios relacionam-se diretamente com o desenho e organização da habitação, reiterando que a reflexão em fase de projeto é fundamental para que exista uma adaptabilidade futura. Outro ponto é a questão das dimensões dos espaços, a cargo da avaliação do arquiteto, sobre quais são as áreas mínimas e confortáveis para os usuários e que ao mesmo tempo possibilitem modificações.

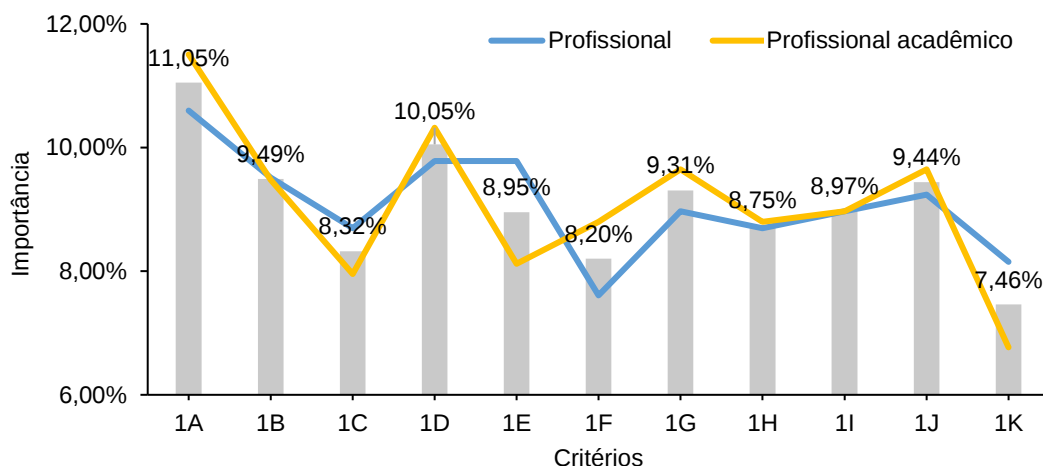


Figura 5.1 – Importâncias critérios grupo construção.

Nomenclatura: 1A: Forma geométrica e dimensão, 1B: Tipo e dimensão da circulação, 1C: Proporção da área construída com a área útil, 1D: Proporção/hierarquia entre os espaços, 1E: Altura pé-direito, 1F: Quantidade de vedações verticais com infraestrutura, 1G: Sistema Estrutural, 1H: Tipo de vedação vertical, 1I: Proporção paredes com e sem janela, 1J: Quantidade e localização dos acessos e 1K: Revestimentos.

Fonte: A autora.

Os critérios Forma geométrica e dimensão (1A) e Proporção/hierarquia entre os espaços (1D) não estão limitados somente pelo desenho do projeto, mas também pelo desenho dos mobiliários e eletrodomésticos à venda no mercado. A necessidade de armazenamento em espaços cada vez menores ocasiona o desenho de mobiliário específico, que sigam as proporções do local existente. Em alguns casos, as dimensões já estabelecidas dos eletrodomésticos dificultam o seu posicionamento, quando o arquiteto não as considera no momento de projeção.

Para o critério menos relevante, fica estabelecido os Revestimentos (1K: 7,46%). Como este critério se relaciona somente com o tratamento de uma superfície que pode ser alterada, sua classificação no diagnóstico representa um quadro expectável. Evidentemente alguns revestimentos, como o porcelanato, exigem um investimento maior de tempo e custo para modificação quando comparados a uma superfície que está somente pintada, por exemplo.

Comparando-se as opiniões dos especialistas profissionais com os profissionais acadêmicos, há uma certa homogeneização, destacando-se os critérios Tipo e dimensão da Circulação/Organização da habitação (1B), Tipo de vedação vertical (1H) e Proporção paredes com e sem janela (1I) que foram pontuados de modo semelhante. Existe uma diferenciação maior nos critérios Revestimentos (1K) e Altura do pé-direito (1E), em que o profissional foi maior que o profissional acadêmico. Analisando a nacionalidade (Brasil/Portugal) as respostas foram similares com diferenciação somente no critério Quantidade de vedações verticais com infraestrutura (1F) para os profissionais, em que os brasileiros deram uma pontuação relativamente maior quanto comparada com os portugueses.

No tocante aos critérios estratégicos (Figura 5.2), dois critérios possuem influência similar e são dominantes em comparação aos demais, Espaços multifuncionais (2D: 9,28%) e Planta livre (2F: 9,15%). Observa-se novamente que os critérios mais bem classificados são aqueles que intervêm na composição da habitação e que se diferenciam pelo responsável no controle da disposição. Na Planta livre, em que uma habitação será composta somente pelo desenho da envoltória, com ou sem um núcleo sanitário e de instalações hidrossanitárias, o controle na definição dos espaços é do usuário, que em conjunto com o arquiteto organiza para as suas necessidades.

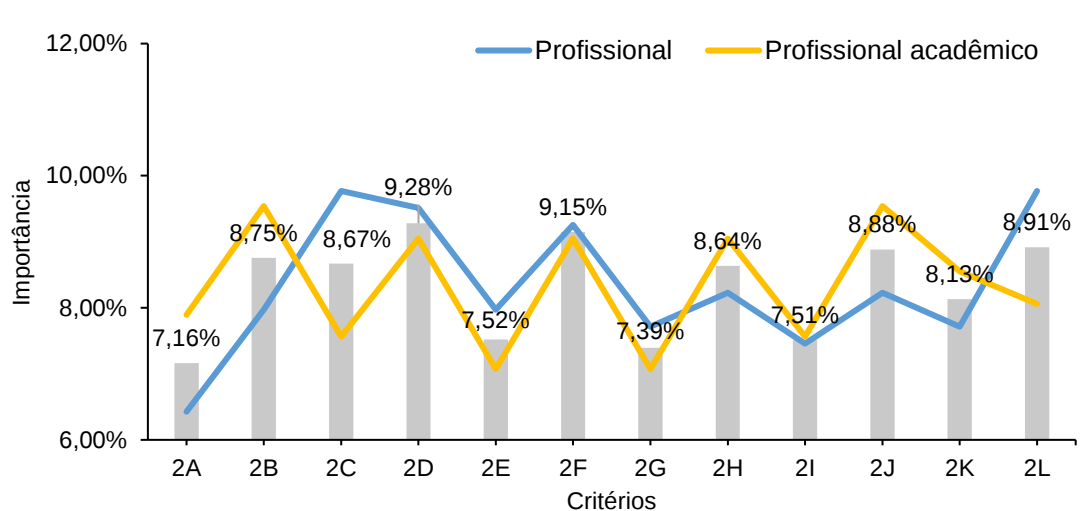


Figura 5.2 – Importância critérios estratégicos.

Nomenclaturas: 2A: Espaços indeterminados, 2B: Modularidade, 2C: Mobiliário multifuncional, 2D: Espaços multifuncionais, 2E: Opções de programas arquitetônicos, 2F: Planta livre, 2G: Zona técnica e de serviços, 2H: Expansibilidade, 2I: Layers das diferentes componentes, 2J: Acesso para manutenção, 2K: Flexibilidade de componentes e 2L: Participação usuário.

Fonte: A autora.

Já nos espaços multifuncionais o controle de decisão está nas mãos do arquiteto, que deverá pensar e estabelecer previamente as proporções adequadas para os diferentes usuários que podem habitar o local. É um trabalho de imaginar e criar lógicas que permitam o máximo uso dos espaços, com a determinação de mais de uma função por cômodo.

Como critérios estratégicos menos relevantes estão os Espaços indeterminados (2A: 7,16%) e o Zoneamento técnico e de serviços (2G: 7,39%). A baixa classificação dos espaços indeterminados pode ser compreendida pela sua dificuldade de aplicação e dificuldade de diferenciação conceitual com os espaços multifuncionais. Os espaços indeterminados exigem mais reflexão no projeto, concebendo a máxima circulação e reduzindo as limitações da livre utilização. Não há funções definidas e todas as relações espaciais possíveis precisam ser independentes.

O zoneamento e de serviços, que também está entre os menos relevantes, reflete que é uma estratégia já difundida no desenho da habitação e em outros tipos de construção. Portanto, já não possui um aspecto tão essencial quanto os outros critérios. A projeção está baseada na distribuição pelo zoneamento, que define a melhor solução para o programa arquitetônico a ser desenvolvido.

Na comparação entre profissionais e profissionais acadêmicos as respostas foram similares, com um pequeno destaque pelos profissionais para os critérios Mobiliário multifuncional (2C) e Participação usuário (2L) e um pequeno destaque dos profissionais acadêmicos para os critérios Espaços indeterminados (2A) e Acesso para manutenção (2J).

Nota-se que os critérios não possuem diferenças extremamente drásticas em suas importâncias, demonstrando que todos eles envolvem a adaptabilidade em maior ou menor grau. A diferença de nacionalidade do perfil dos especialistas não interferiu nos resultados, reforçando o consenso sobre o que envolve a flexibilidade e adaptabilidade.

Em complemento, para fins de discussão e verificação da opinião dos especialistas sobre a temática, foram instigadas algumas questões abordando particularidades sobre cada um dos critérios. Para a seleção dos tipos de respostas, foram observados a partir do levantamento de critérios e projetos, quais soluções foram utilizadas pelos arquitetos. Um exemplo de questão é mostrado na Figura 5.3, com duas alternativas, admitindo-se somente a escolha de uma resposta. O questionário completo encontra-se no Apêndice A. Os resultados são apresentados nas Figuras 5.4 e 5.5.

Entre as opções disponíveis dentro de cada estratégia a seguir, selecione na sua opinião o que é mais relevante para a adaptabilidade na habitação:	
1. Espaços indeterminados	Espaços indeterminados com conexão visual
	Espaços indeterminados com conexão física

Figura 5.3 – Exemplo de questão para as particularidades dos critérios.

Fonte: A autora.

Os resultados da Figura 5.4 mostram uma prioridade em projetar espaços que possuam geometria modular ao invés de uma geometria com formato regular. Isso pode ser explicado pela redução de desperdício de materiais e, conseqüentemente, a economia de recursos financeiros. A modulação auxilia na integração de outros subsistemas da construção e na organização do projeto.

Curiosamente, houve uma prioridade na hierarquização dos espaços, ou seja, na designação da funcionalidade de uso. Portanto, o projeto será pensando como solução final, reduzindo a possibilidade de alteração pelo usuário.

Provavelmente a escolha por esta opção é caracterizada no zoneamento de usos, onde o setor de serviço possui uma dimensão e o setor social/privado outra dimensão, de acordo com sua função. Assim, o setor de serviço ficaria mais restrito e o restante com maior liberdade para transformar-se.

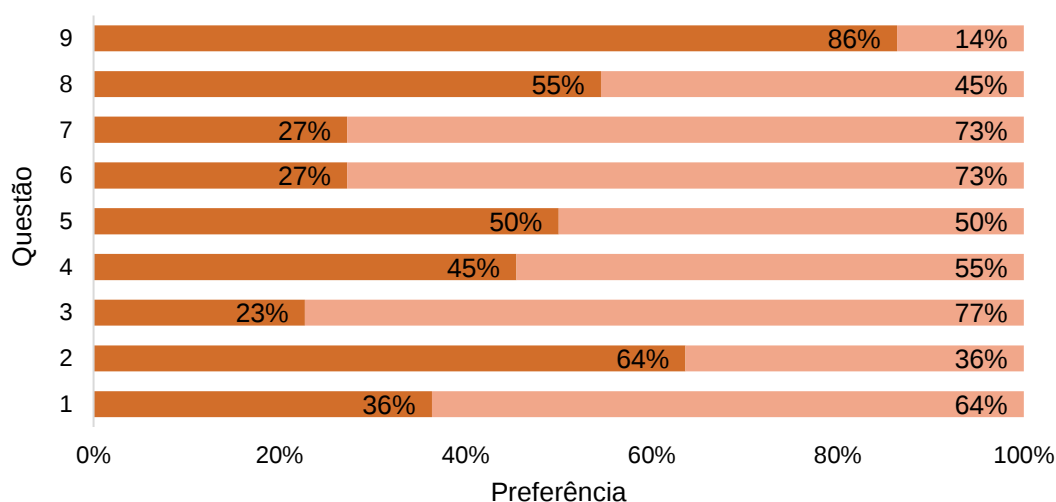


Figura 5.4 – Preferências critérios construção.

Fonte: A autora.

Ficou valorizada a acessibilidade por mais de um local na unidade habitacional ao invés de múltiplos acessos por cômodos, o que gera diferentes circulações internas e amplia a distribuição dos espaços. Por este motivo, o questionamento sobre qual é o melhor tipo de circulação, central ou linear, tenha gerado um empate.

A estrutura somente independente ou aquela que permita transformações ficou igualmente empatada. Uma estrutura, por exemplo, de Steel Framing não é independente, porém, várias transformações podem ser feitas. Já um sistema estrutural independente, como os pórticos de concreto armado ou de aço, permite a modificação somente das vedações verticais.

O uso de paredes e/ou divisórias móveis não foi tão bem considerado, enaltecendo vedações verticais que possam ser alteradas. O mesmo ocorreu com os revestimentos, que ao invés da opção de serem facilmente removíveis houve preferência pela capacidade de transformação. Portanto, existe uma clara preferência pela adaptabilidade dos interiores frente à flexibilidade. Levando em conta a relação de paredes com janelas, os especialistas prezaram pelo maior

número de paredes cegas, como auxiliar na disposição interna. A opção entre concentração das infraestruturas ou o acesso fácil para manutenção ficaram empatadas, por se tratar de um assunto complexo que envolve variáveis econômicas, legislativas e técnicas.

Nos critérios estratégias (Figura 5.5), conforme Apêndice A, o questionário apontou preferência pelos espaços indeterminados que possuam uma conexão física e não somente visual, portanto, a forma como acontece a interação é essencial para a construção de um habitat adaptável. O mesmo quesito aparece novamente quando foi questionado sobre os espaços multifuncionais com outro espaço de apoio ou com mais de um acesso. A relação com outro ambiente foi mais reconhecida.

Assim como houve reconhecimento anteriormente para a modulação dos espaços, foi indagado qual modulação seria mais importante: estrutural, infraestruturas ou somente dimensional. Nas duas primeiras opções, com maior porcentagem, houve quase empate, com leve preferência para a estrutura. A estrutura é um elemento da construção que precisa ser bem trabalhado, por interferir em outras partes da edificação, sua modulação na maioria das vezes rege a modulação de outros elementos. A modulação aparece como preferência na utilização da planta livre, ao invés de múltiplos acessos.

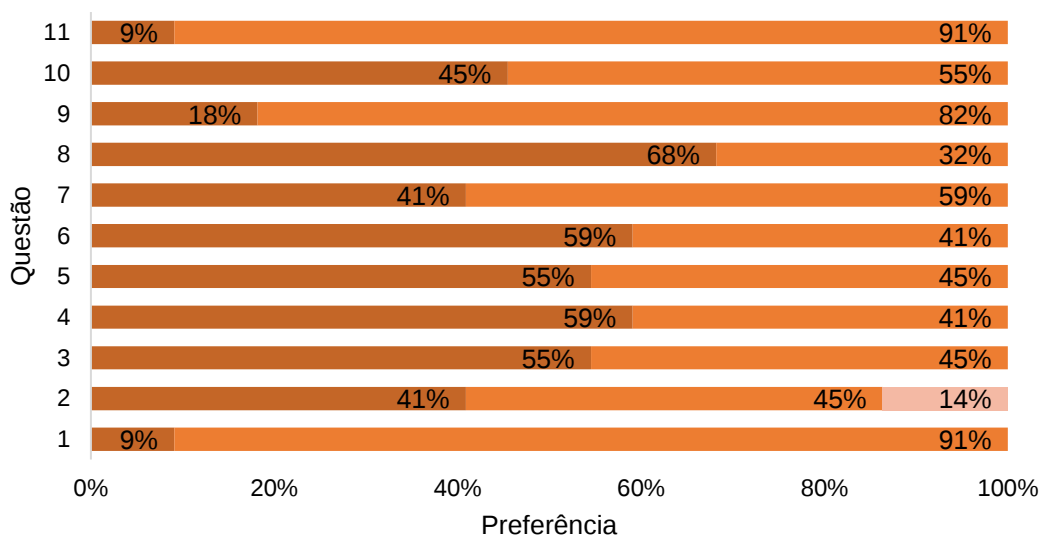


Figura 5.5 – Preferências critérios estratégias.

Fonte: A autora.

O uso de mobiliário com mais de uma função dentro de um mesmo espaço ou de um mobiliário que gere diferentes espaços teve um número de resposta quase semelhante, já que no aspecto técnico não há considerável diferença no resultado entre as duas opções.

Houve um empate técnico também na adoção de programa arquitetônico com a adição de outras unidades habitacionais ou em uma mesma unidade habitacional. Apesar da primeira opção ser mais difícil de ocorrer, pois requer o uso de outra unidade, é notável uma reflexão e divisão entre os especialistas.

Com destaque para o zoneamento de uma área técnica, ao invés da separação entre fixa/flexível, a expansão de uma zona técnica não foi maior que a expansão para outro ambiente de apoio. Consequentemente, existe uma valorização do setor técnico, mas não a um ponto de pensar na supracapacidade do sistema. Entre o acesso para a manutenção centralizado ou disperso houve empate. A questão da supracapacidade aparece como preferência entre layers pela vida útil/durabilidade ou layers que permitam supracapacidade.

Por fim, a participação do usuário com apoio do arquiteto foi superior do que participação do usuário por autoconstrução. É evidente que a alternativa mais escolhida ressalta a importância do planejamento em projeto junto ao usuário, valorizando a profissão e o conhecimento imprescindível ao processo.

5.3 Atributos para avaliação dos Índices de Desempenho

A segunda parte para realizar o cálculo dos índice de desempenho dos Índices de Adaptabilidade e Flexibilidade envolve a identificação dos atributos característicos dos espaços habitacionais para cada um dos 21 critérios construção e critérios estratégias. Os atributos são expressos por pontuações com diferentes tipos de escalas numéricas, conforme os critérios.

Para obter o índice de desempenho em um valor padrão independente das características dos critérios, as pontuações devem ser padronizadas para valores entre zero a 3 pontos para o Índice de Adaptabilidade e entre zero e 1 ponto para o Índice de Flexibilidade, estabelecendo assim a condição do projeto em relação ao critério mensurado.

Quanto maior o valor da condição, mais adaptável e/ou flexível o espaço habitacional deve ser considerado. A Tabela 5.4 mostra as métricas, unidades de medida, pontuações com os limites mínimos e máximos, valores possíveis para as condições e a classificação qualitativa para cada critério utilizado para avaliar o Índice de Adaptabilidade.

As pontuações dos critérios podem ser mensurados utilizando mais de uma métrica. Por exemplo, o critério Forma geométrica (1A) é medido através das métricas “Geometria paredes” e “Geometria compacto”. Assim, a adaptabilidade dos critérios com mais de uma métrica é dada pela média aritmética dos atributos padronizados.

A unidade de medida das pontuações variam conforme as características dos critérios a serem coletados no projeto do espaço habitacional, de modo que as pontuações possuem uma tendência crescente, onde quanto maior o valor mais adaptável é a situação do projeto em relação a um critério, ou uma tendência decrescente, em que a adaptabilidade é menor. Ainda, a classificação qualitativa é considerada como “Bom” quando o valor da condição for igual a 3, “Médio” para o número 2 e “Ruim”, com baixa ou nenhuma característica adaptável para o critério, quando o valor fo igual a 1.

Tabela 5.4 – Atributos para a mensuração dos critérios construção dos espaços habitacionais.

Critério	Métrica	Unidade medida	Pontuação		Condição	Classificação qualitativa
			Mínimo	Máximo		
Forma geométrica (1A)	Geometria paredes	Numeral	4	6	3	Bom
			7	10	2	Médio
			11		1	Ruim
	Geometria compacto	Proporção	1	1,2	3	Bom
			1,3	1,4	2	Médio
			1,5		1	Ruim
Tipo e dimensão da circulação (1B)	Circulação área	Porcentagem	0	0,05	3	Bom
			0,06	0,12	2	Médio
			0,13		1	Ruim
	Circulação tipo	Distância relativa	0,74	1	3	Bom
			0,60	0,73	2	Médio
			0	0,59	1	Ruim
Área útil/construída (1C)	Porcentagem		0,85	1	3	Bom
			0,75	0,84	2	Médio
			0	0,74	1	Ruim
Proporção/hierarquia entre os espaços (1D)	Hierarquia	Desvio-padrão	0,60	1	3	Bom
			0,54	0,59	2	Médio
			0	0,53	1	Ruim
	Proporção usos	Porcentagem	0	0,16	3	Bom
			0,17	0,20	2	Médio
			0,21		1	Ruim
Pé-direito (1E)	Numeral		3,5		1	Ruim
			2,6	3,4	3	Bom
			0	2,5	1	Ruim
Apoio (1F)	Numeral		1	2	3	Bom
			3	4	2	Médio
			5		1	Ruim
Estrutura (1G)	Desvio-padrão		0	0,16	3	Bom
			0,17	0,23	2	Médio
			0,24		1	Ruim
Vedação vertical (1H)	Porcentagem		0,50	1	3	Bom
			0,29	0,49	2	Médio
			0	0,28	1	Ruim
Aberturas (1I)	Porcentagem		0	0,25	3	Bom
			0,26	0,50	2	Médio
			0,51	1	1	Ruim
Acessos (1J)	Distância relativa		0,74	1	3	Bom
			0,50	0,73	2	Médio
			0	0,49	1	Ruim
Revestimentos (1K)	Binário			1	3	Bom
				2	1	Ruim

Fonte: A autora.

A Tabela 5.5 mostra os atributos para a avaliação do Índice de Flexibilidade, onde a unidade de medida das condições foi estabelecida no formato binário, com exceção do critério Zona técnica e de serviços (2G) em que a unidade de medida é numeral, onde uma opção de atributo intermediária (denominada “parcial”) foi viabilizada.

Tabela 5.5 – Atributos para a mensuração dos critérios estratégias dos espaços habitacionais.

Critério	Condição	Classificação qualitativa
Espaços indeterminados (2A)	1	Sim
	0	Não
Modularidade (2B)	1	Sim
	0	Não
Mobiliário multifuncional (2C)	1	Sim
	0	Não
Espaços multifuncionais (2D)	1	Sim
	0	Não
Planta Livre (2F)	1	Sim
	0,5	Parcial
	0	Não
Zona técnica e de serviços (2G)	1	Sim
	0,5	Parcial
	0	Não
Expansibilidade (2H)	1	Sim
	0	Não
Componentes layers (2I)	1	Sim
	0	Não
Acesso manutenção (2J)	1	Sim
	0	Não
Flexibilidade de componentes (2K)	1	Sim
	0	Não

Fonte: A autora.

As pontuações são coletadas através da revisão de literatura realizada nos Capítulos 2 e 4 e em experiências práticas sobre arquitetura e espaço habitacional, tanto educacional como profissional. Portanto, a coleta de uma pontuação é convertida utilizando como referência os limites mínimos e máximos para determinar a escala dos valores da condição, em faixas. A coleta das pontuações dos critérios é realizada através de algoritmos capazes de ler as características do projeto estudado para obter as pontuações. As rotinas de coleta dos dados a partir de algoritmos estão detalhadas no Capítulo 6. A aplicação prática do algoritmo em

casos de estudo, detalhada no Capítulo 7, possibilitou igualmente a validação das pontuações das Tabelas 5.4 e 5.5.

Assim, o Índice de Adaptabilidade é calculado para cada espaço habitacional pela soma da multiplicação entre as importâncias dos critérios construção e os valores das condições coletados nos projetos propostos para estudo, conforme demonstrado na Figura 5.6. No mesmo formato, para o Índice de Flexibilidade são utilizados os critérios estratégicos e os respectivos atributos também coletados dos projetos dos espaços habitacionais.

	1E	→ Nomenclatura do critério
Critério	Pé-direito	→ Definição do critério
Pontuação	2,80	→ Pontuação obtida no Dynamo
Classificação	Bom	→ Classificação qualitativa
Condição	3	→ Pontuação padronizada
Importância	8,95%	→ Relevância do critério
Desempenho	0,27	→ Valor da Importância x Condição
Índice		→ Soma do Desempenho de todos os critérios

Figura 5.6 – Determinação do Índice
Fonte: A autora.

A fim de facilitar a análise e o entendimento dos resultados obtidos, o Tabela 5.6 apresenta a conversão do desempenho da escala quantitativa do índice global de desempenho percentual para uma descrição qualitativa, separada em quatro níveis de intervalos distintos. Tomando em conta, que o nível menor é considerado como “pouco adaptável/flexível” e o nível maior como “potencialmente adaptável/flexível”.

Tabela 5.6 – Escala de avaliação do índice de desempenho.

Índice de Adaptabilidade	Índice de Flexibilidade	Descrição qualitativa
Menor que 2,0	Menor que 0,20	Pouco adaptável/flexível
Entre 2,0 e 2,20	Entre 0,20 e 0,28	Moderadamente adaptável/flexível
Maior que 2,20	Maior que 0,28	Potencialmente adaptável/flexível

Fonte: A autora.

As atribuições dos limites qualitativos de desempenho foram estruturadas de acordo com as experiências e expectativas do autor sobre fabricação mecânica, durante o desenvolvimento do índice de desempenho, de modo que facilite a visão sobre a realidade da mensuração.

Portanto, a partir dos critérios levantados no Capítulo 4 foi possível estabelecer quais são os elementos que contribuem para a adaptabilidade e flexibilidade, de modo que fossem criados os primeiros dados dos respectivos Índices. Para definir as importâncias de cada critério foi questionada a posição dos especialistas para estabelecer a relevância dos aspectos abordados para cada índice.

A composição dos atributos dos critérios segue os preceitos do AHP, método definido para a estruturação dos Índices. Por fim, a coleta dos dados que serão lidos e, posteriormente, inseridos no modelo estão elucidados no Capítulo 6. As Tabelas 5.7 e 5.8 mostram exemplos do formato de demonstração dos resultados da avaliação do espaço habitacional para, respectivamente, a flexibilidade e a adaptabilidade.

Tabela 5.7 – Exemplo Índice de Adaptabilidade

Nome do Projeto							
	1A	1A	1B	1B	1C	1D	1D
Critério	Geometria Paredes	Geometria Compacto	Circulação Área	Circulação Tipo	Área Útil/Constr.	Hierarquia	Proporção Usos
Pontuação	41,00	1,15	0,04	0,50	0,90	0,54	0,15
Classificação	Ruim	Bom	Bom	Ruim	Bom	Médio	Bom
Condição	2		2		3		2,5
Importância	11,00%		9,49%		8,32%		10,05%
Desempenho	0,22		0,19		0,25		0,25
	1E	1F	1G	1H	1I	1J	1K
Critério	Pé-direito	Apoio	Estrutura	Vedação vertical	Aberturas	Acessos	Revestimentos
Pontuação	2,80	3,00	0,21	0,56	0,11	0,58	0,00
Classificação	Bom	Médio	Médio	Bom	Bom	Médio	Bom
Condição	3	2	2	3	3	2	2
Importância	8,95%	8,20%	9,31%	8,75%	8,97%	9,44%	7,46%
Desempenho	0,27	0,16	0,19	0,26	0,27	0,19	0,22
Índice de Adaptabilidade 2,47							

Fonte: A autora.

Tabela 5.8 – Exemplo Índice de Flexibilidade

Nome do Projeto					
	2A	2B	2C	2D	2F
Critério	Espaços Indeterminados	Modularidade	Mobiliário Multifuncional	Espaços multifuncionais	Planta Livre
Classificação	Não	Não	Não	Não	Não
Condição	0	0	0	0	0
Importância	8,80%	10,40%	10,31%	10,92%	10,79%
Desempenho	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	2G	2H	2I	2J	2K
Critério	Zona técnica e de serviços	Expansibilidade	Componentes Layers	Acesso Manutenção	Flexibilidade de componentes
Classificação	Parcial	Não	Não	Sim	Não
Condição	0,5	0	0	1	0
Importância	9,04%	10,28%	9,15%	10,53%	9,78%
Desempenho	0,05	0,00	0,00	0,11	0,00
Índice de Flexibilidade					
0,15					

Fonte: A autora.

Os resultados dos índices de desempenho da adaptabilidade e da flexibilidade são demonstrados a partir do detalhamento das pontuações e padronizados para a condição dos critérios em cada projeto habitacional estudado, bem como da classificação qualitativa. Em complemento, os resultados mostram a importância calculada para cada critério, com base na opinião dos especialistas anteriormente apresentada, obtendo-se assim o desempenho relativo a cada critério e a avaliação do índice de desempenho da adaptabilidade e da flexibilidade.

CAPÍTULO 6

COMPOSIÇÃO DO ALGORITMO PARA INCORPORAÇÃO DOS ATRIBUTOS

Para coletar os dados que identificam os atributos de cada projeto, conforme aspectos teóricos e processuais do Capítulo 5, é necessário desenvolver um algoritmo para atuar como ferramenta auxiliar. O algoritmo complementa o processo criativo do arquiteto como ferramenta inovadora adicional aos métodos gráficos e o universo geométrico, por meio da recolha de informações e dados quantitativos.

O uso de algoritmos na arquitetura busca aprimorar o processo de tomada de decisão e a otimização de soluções no desenho projetual. Aos poucos, a inserção de uma inteligência artificial, que agilize e aponte os melhores caminhos para o arquiteto, se torna cada vez mais corrente na atuação profissional¹⁰. É importante ressaltar que o conhecimento profissional teórico e projetual do arquiteto não deve ser sobreposto pela inteligência artificial. Existem aspectos além dos técnicos que precisam ser considerados no desenho projetual, onde a máquina deve ser uma ferramenta de auxílio e não de trabalho autônomo.

Na literatura acadêmica o uso de algoritmos aparece em diversos setores da arquitetura, como desenho arquitetônico, urbanismo e paisagismo. Por exemplo, Park e Bae (2015) utilizam algoritmos para criar modelos que conseguem prever o preço de uma habitação nos Estados Unidos, conforme suas características arquitetônicas, de modo a auxiliar o vendedor e as imobiliárias. Hosseini et al. (2018) desenvolveram um modelo que seleciona o melhor local para a implementação de uma habitação temporária e Zhi et al. (2003) simula a evacuação de uma edificação em casos de incêndio a partir de um projeto arquitetônico. Na questão do desenho, observa-se o uso de algoritmo para otimizar o layout das habitações (Michalek et al., 2002), aprimoramento da iluminação natural em unidades e complexos residenciais (Xiyu et al., 2005; kim, Cho, 2019) e aperfeiçoamento de soluções a partir da interação e acessibilidade entre os cômodos e suas propriedades (Jeong et al., 2011).

Para que execute corretamente, o algoritmo exige a definição de regras e procedimentos lógicos para solucionar o problema e gerar um resultado. Haverá sempre a entrada de um ou mais dados (input), os quais, após processados, geram um ou mais dados de saída (output). Com a definição dos critérios no Capítulo 4, tem-se a base de dados necessária para o desenvolvimento do algoritmo. Para criar

¹⁰ Ver Kowaltowski et al. (2019), Villa (2020).

o algoritmo será utilizado o plugin Dynamo para Revit, o qual não possui custo de licença e trabalha com código aberto, que permite a modificação e distribuição de acordo com a necessidade do usuário.

O Dynamo utiliza como estrutura a programação visual, de modo que o usuário não precise ter conhecimento sobre programação em alguma linguagem específica. Por meio de “caixas”, com funções pré-determinadas, são criadas as ligações que constituem a lógica desejada. Como visto na Figura 6.1, a programação em texto desenvolve-se em linhas de escrita, com regras específicas para cada tipo de linguagem. A mesma regra que se apresenta em texto, aparece na mesma figura representada no plugin Dynamo. As caixas são as lógicas que possuem nós nas extremidades, que quando conectados, criam o fluxo de informação e o resultado, a última caixa à direita.

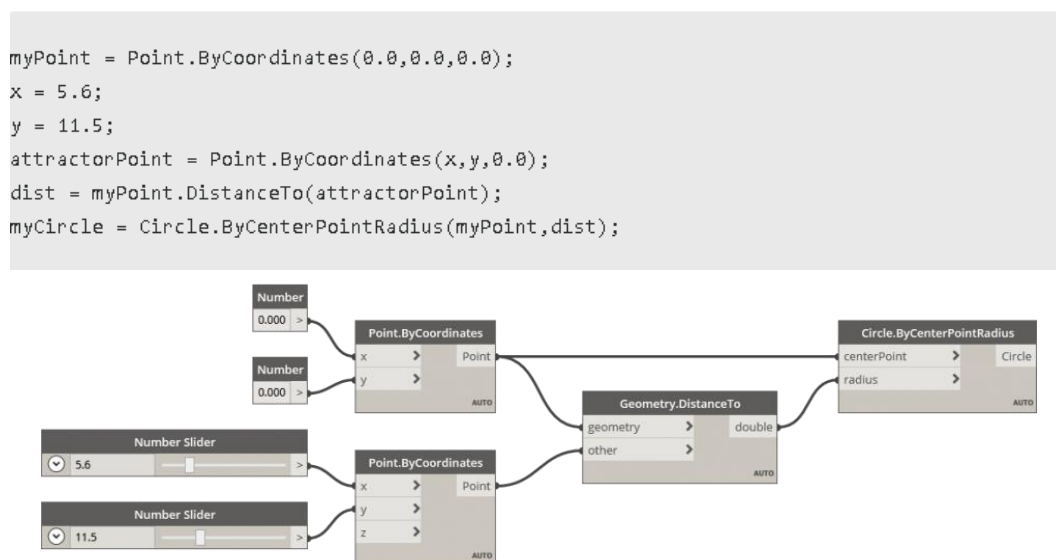


Figura 6.1 – Comparação entre linguagem de programa escrita e programação visual.

Fonte: BIM Academy, 2020.

O resultado em forma de dado é reflexo do que está desenhado geometricamente no Revit, ou ainda, o que está desenhado no Revit aparece como dado no Dynamo. Nesta investigação o fluxo de trabalho é executado do segundo modo, onde o desenho das plantas baixas transmite as informações recolhidas pelo Dynamo. Conforme o caso de estudo, foram pesquisadas as plantas baixas que tivessem dimensões e/ou pelo menos escala gráfica para serem representadas aproximadamente no Revit.

Foram reproduzidos apenas os aspectos relevantes e necessários para o desenvolvimento do estudo, optando-se por suprimir o que não seria utilizado. Portanto, as plantas baixas não foram desenhadas com o detalhamento necessário de uma planta executiva, mas sim, para fornecer os dados fundamentais. Para que o algoritmo rode corretamente, existem algumas condições que devem ser adotadas no desenho do projeto no Revit. As condições representam padronizações que foram estabelecidas no desenvolvimento do algoritmo, as quais facilitam a leitura e assimilação do Dynamo. Portanto, os dados do Revit são levantados pelo Dynamo para a incorporação dos atributos.

Inicialmente, todas as paredes do desenho devem estar corretamente categorizadas de acordo com a sua função: interna ou externa. A definição desta função auxilia a distinção entre uma parede localizada na envoltória do apartamento e outra parede localizada internamente, a qual exerce somente a compartimentação. O mesmo ocorre com as portas, que devem ser classificadas igualmente como internas ou externas, para a diferenciação da porta de acesso ao apartamento e as portas dos cômodos (para as portas de acesso a sacadas, a classificação é interna).

Para o caso de estruturas, quando existirem pilares, devem estar representados em planta e inseridos na categoria Structural Columns. Se o projeto for totalmente em alvenaria estrutural, não há necessidade de nenhuma representação específica, entretanto, nos casos em que apenas algumas paredes são estruturais, as paredes devem ser representadas como pilares, seguindo a dimensão das paredes que estão sendo retratadas. Os cômodos são nomeados na língua inglesa, de modo a ampliar o acesso ao algoritmo, com a seguinte correspondência:

- Sala estar: Living;
- Sala de jantar: Dining;
- Cozinha: Kitchen;
- Lavanderia: Laundry;
- Dormitório: Bedroom;
- Casa de banho e lavabo: Bathroom;
- Circulações: Corridor;
- Hall: Hall;
- Depósito e outros cômodos sem função específica: Room.

Apesar de representadas, as sacadas não são consideradas no algoritmo e não existe necessidade de representação específica. Para este trabalho, as sacadas são consideradas espaços externos, pouco passíveis de alteração pela composição em fachada e por estarem, em alguns casos, sob abrigo de legislação específica de condomínio.

Nos casos em que o Hall não possuir dimensões suficientes para outros usos e para a inserção de mobiliário será considerado como circulação. Além da denominação, os cômodos devem ter suas áreas calculadas individualmente, com unidade de medida em metros quadrados, assim como seu pé-direito em metros. Para o processamento da área total construída, deve ser definida a Area Plan que integrará o Gross Building Area, de modo que todas as paredes externas da unidade residencial sejam selecionadas.

Todos os componentes que forem inseridos no desenho, os quais necessitem de abastecimento de água, como, por exemplo, pias, banheiras, sanitas e tanques, devem ter sua categoria definida como Plumbing Fixtures. As paredes que delimitam os ambientes “molháveis” como cozinha, lavanderia e casas de banho, devem possuir suas junções individualizadas das outras paredes, ou seja, não podem representar paredes contínuas.

Os mobiliários que possuírem outras funcionalidades como, por exemplo, divisor de ambiente ou acoplar mais de uma função de mobiliário como estante, cama e divisória, devem estar inseridos no desenho como componente Furniture. Todos os “Shafts” (Coretes) que existirem no projeto para a tubulação de infraestrutura devem estar categorizados como “Shaft” (Corete) no Revit.

Quando os cômodos não possuírem parede ou divisórias que os separem como uma sala de estar e jantar, os ambientes devem ser delimitados utilizando a linha Room Separation do Revit. Todos os cômodos que possuírem revestimentos cerâmicos devem ter suas paredes internas identificadas com o revestimento Tile, conforme cada projeto. Por fim, todas as alinhamentos centrais das paredes do projeto devem ser marcados por Grids com mesmo posicionamento de início e fim no eixo X e eixo Y.

Para a introdução dos dados apresentados no Capítulo 5, os critérios mantiveram a divisão em dois grupos: Critérios Construção e Critérios Estratégias. Os critérios construção correspondem ao Índice de Adaptabilidade, enquanto os

critérios estratégias correspondem ao Índice de Flexibilidade, entretanto, alguns dos critérios desta categoria não puderam ser introduzidos no algoritmo, pois dependem da avaliação do projeto pelo arquiteto e/ou usuários, superando a dimensão da leitura do desenho. Os resultados provenientes do Dynamo são automaticamente apresentados em uma planilha do Excel, de modo a facilitar a manipulação de informações. Os critérios que não estão presentes no algoritmo são preenchidos manualmente na planilha.

Nas seções 6.1 e 6.2 são apresentados os panoramas gerais do algoritmo desenvolvido no Dynamo, onde cada um dos critérios corresponde ao segmento em linha. A disposição das caixas e suas conexões seguem uma lógica na ordem horizontal, encontrando-se a determinação final na última caixa à direita. A lógica completa, exatamente como está aplicada no Dynamo, pode ser vista ao fim de cada seção, por meio de imagens retiradas do próprio software.

Como formato esquemático, será explicado o raciocínio criado para cada um dos critérios através de fluxogramas, os quais apresentam, de forma resumida, o que está disponível no Dynamo. As quatro cores utilizadas nas “caixas” do fluxograma representam quatro funções básicas do algoritmo: a cor azul destaca a primeira informação retirada do desenho no Revit, a cor verde representa informações secundárias retiradas do Revit, a cor amarela representa os cálculos realizados com os dados anteriores e, por fim, a cor vermelha representa a saída do último dado.

6.1 Índice de Adaptabilidade

Para o critério Geometria foi necessário encontrar um raciocínio que abordasse todos os possíveis desenhos da envoltória de uma planta baixa, desde uma forma simples, como um quadrado ou círculo, até formas geométricas mais complexas. Como o Dynamo lê elementos do desenho separadamente, conforme categoria e seu modo de inserção no Revit, utilizou-se o raciocínio da contagem do total de paredes que compõe a envoltória da residência. Quanto maior o número de paredes, mais recortes existem e mais complexa será a forma, consequentemente, menos adaptável.

Por exemplo, conforme a quantidade de lados da figura geométrica, um triângulo possui três “paredes”, um quadrado quatro e um pentágono cinco. No

Dynamo a lógica desenvolve-se conforme a Figura 6.2. Inicialmente são recolhidas as informações sobre todas as paredes da planta baixa do projeto.

Posteriormente, as paredes são divididas por função, para que sejam distinguidas quais paredes pertencem ao envelope externo da edificação e quais são paredes internas. Com a separação da lista de paredes que possuem a função “exterior”, é possível contabilizar qual é o total de paredes externas do projeto e levar o dado para o Excel.

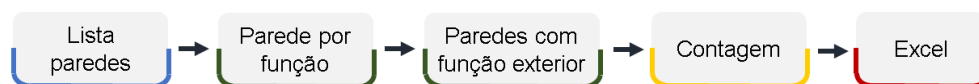


Figura 6.2 – Lógica para o critério Geometria Paredes.
Fonte: A autora.

Notou-se que a interpretação somente do número de paredes externas não seria o suficiente, sendo capaz de levar a resultados enganosos, já que uma figura geométrica de quatro lados pode ter mais de uma forma dentro do mesmo contexto. Portanto, optou-se por incluir o critério complementar Geometria Compacto. Neste critério, que avalia como a envoltória do projeto se comporta, compacta ou dispersa, determinou-se que a circunscrição de uma forma geométrica regular (quadrado, retângulo) sobre a forma do projeto auxiliaria na interpretação do critério.

Após listar todas as paredes do projeto (Figura 6.3) são recolhidas as coordenadas cartesianas (x,y) de cada um dos elementos para definir-se os pontos extremos do projeto (x máximo e mínimo e y máximo e mínimo). Com a diferença entre esses pontos, é possível encontrar a medida da distância no eixo x e no eixo y entre as extremidades do projeto. As duas medidas formam um retângulo que engloba todo o desenho da planta baixa. Com o cálculo da proporção entre essas duas medidas, destina-se o dado para o Excel.

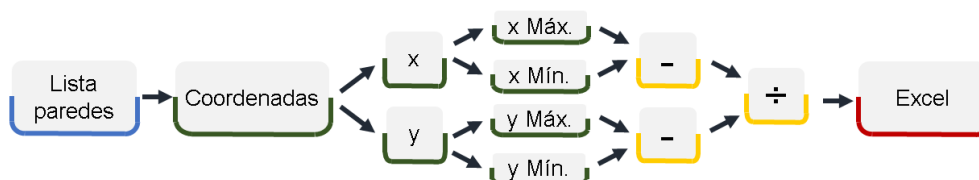


Figura 6.3 – Lógica para o critério Geometria Compacto.
Fonte: A autora.

No critério Circulação Área (Figura 6.4) é feita a comparação entre as áreas de circulação e o restante das áreas do projeto. Desse modo, é possível perceber qual é a ocupação em planta dos ambientes destinados apenas à distribuição dos cômodos. Logo, são levantadas as áreas úteis e criadas duas listas: a primeira com a área total de todas as circulações e a segunda com a soma total de todas as áreas. Pela divisão, é encontrada a proporção e enviado para ao Excel.

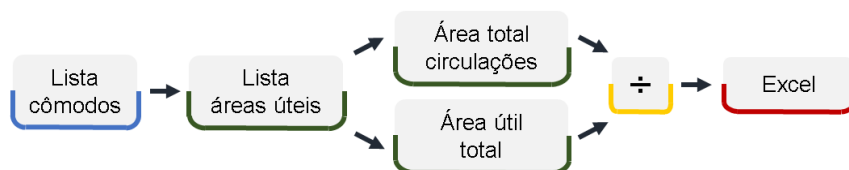


Figura 6.4 – Lógica para o critério Circulação Área.
Fonte: A autora.

Para complementar, além da área das circulações, sentiu-se a necessidade de avaliar o tipo de circulação através de sua localização em planta baixa. Além de reduzida, uma circulação próxima ao centro distribui os cômodos no seu entorno de uniformemente, o que facilita a transformação dos espaços. No Dynamo, para o critério Circulação Tipo (Figura 6.5) são identificadas as coordenadas centrais de todas as circulações e calculada a distância entre esses pontos e as extremidades do projeto, através da hipotenusa formada por um triângulo retângulo. Isso é realizado com o ponto central do projeto, para que, posteriormente, ocorra uma proporção e uma média final da distância entre todas as circulações e o ponto central.

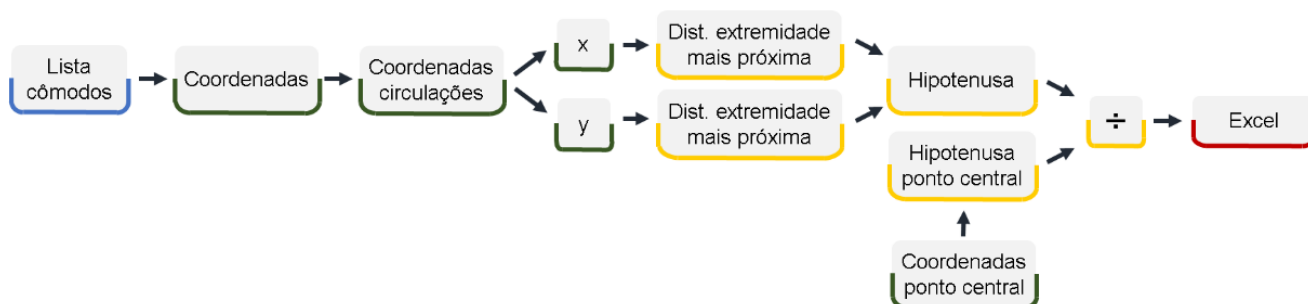


Figura 6.5 – Lógica para o critério Circulação Tipo.
Fonte: A autora.

O critério Área Útil/Construída (Figura 6.6) está fundamentado nos mesmos cálculos aplicados para determinar-se as áreas úteis e construídas nos projetos. O objetivo é definir o quanto de espaço livre existe no apartamento. No Dynamo são

levantados todos os cômodos do projeto para indicar, respectivamente, as áreas úteis e totalizar a soma dos espaços livres. Com a área total, retirada diretamente do Revit, é realizada a proporção entre área útil e área construída.

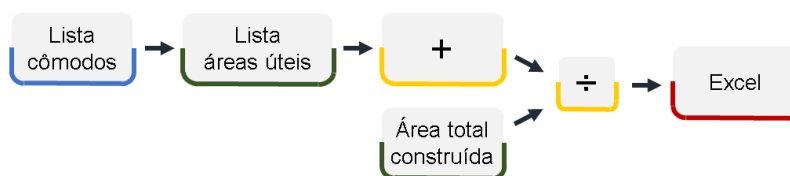


Figura 6.6 – Lógica para o critério Área Útil/Construída.

Fonte: A autora.

Aplicando a lógica do zoneamento de uso em social (sala de estar e jantar), privativo (dormitórios) e serviço (cozinha, lavanderia), o critério Proporção Usos (Figura 6.7) adota o zoneamento de serviço acrescido de todas as casas de banho do projeto. A ideia é fazer uma comparação das áreas que possuem instalações hidráulicas, e por isso são menos adaptáveis, com o restante das áreas do apartamento. São levantadas novamente as áreas úteis de todos os cômodos e filtradas para três listas: a primeira com as áreas de todas as casas de banho, a segunda com a área total da cozinha e a terceira com a área total da lavanderia. Após a soma das áreas destas três listas, é calculada a proporção em relação a todas as áreas úteis.

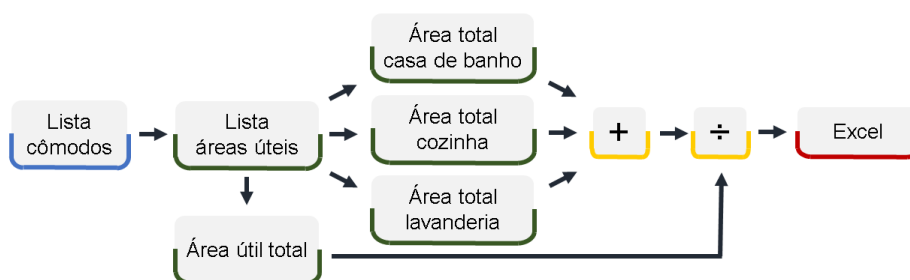


Figura 6.7 – Lógica para o critério Proporção Usos.

Fonte: A autora.

A interpretação da proporção dos usos não estará completa se não verificarmos a proporção da hierarquia dos cômodos. Trata-se de uma comparação das áreas dos cômodos que estão próximos uns dos outros, de modo que, quanto mais semelhante foram as áreas, mais fácil é de adaptar. No critério Hierarquia (Figura 6.8) são retiradas as informações de todos cômodos existentes no projeto. Procede-se com a intersecção da categoria para que sejam apresentados os cômodos distribuídos lado a lado. Com esta indicação, realiza-se a divisão entre as

áreas para se encontrar a proporção entre os cômodos próximos e encontrar a modularidade das áreas do projeto por meio da média aritmética.

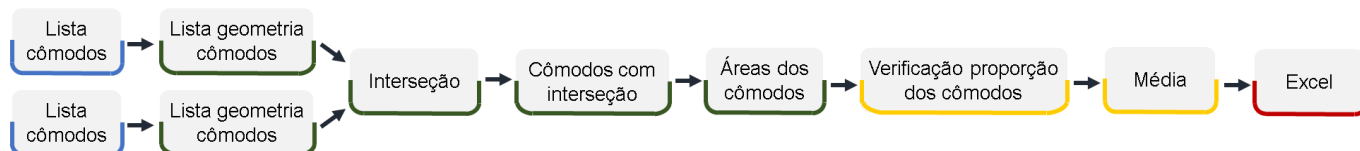


Figura 6.8 – Lógica para o critério Hierarquia.
Fonte: A autora.

A altura do pé-direito define a oportunidade de outros usos do espaço na direção vertical, sejam através de um mobiliário diferenciado ou de um novo ambiente que possa ser criado. A partir das definições do desenho no Revit, para o critério Pé-direito (Figura 6.9) são listados todos os pés-direitos do projeto e realizada uma média entre os valores encontrados.



Figura 6.9 – Lógica para o critério Pé-direito.
Fonte: A autora.

Identificar a quantidade de paredes que possuem tubulação hidrossanitária é essencial para compreender quais divisores verticais podem ser modificados. Quanto maior o número de paredes com tubulação, menos adaptável será a residência. Para o critério Apoio (Figura 6.10) são listados todos os elementos do projeto classificados como “Plumbing Fixture”, ou seja, elementos que exigem tubulação de água como: lavatórios, banheiras, sanitas, tanques e máquinas de lavar. Conforme a localização destes elementos são levantadas todas as paredes (excluindo as que se repetem) que estão extremamente próximas a eles, de modo que possam ser totalizadas quantas paredes possuem instalação hidrossanitária.



Figura 6.10 – Lógica para o critério Apoio.
Fonte: A autora.

No caso do critério Estrutura (Figura 6.11), existem diferenças no tratamento do espaço quando a estrutura é composta pelo sistema pilar-laje ou pilar-viga-laje, que permite a modificação das paredes com a manutenção dos pilares, se comparada com a alvenaria estrutural não permite a modificação de paredes. No Dynamo são listados todos os pilares do projeto e sua localização por meio do ponto central formado pelo conjunto (x,y) . São calculadas as distâncias relativas entre os pilares através da distância Euclidiana, que apresenta a distância geométrica entre dois pontos no plano cartesiano por meio de uma reta. De modo a constatar a regularidade ou modularidade da alocação dos pilares, é calculado o desvio padrão com base nas distâncias. O desvio padrão indica se os dados são uniformes, ou seja, se são regulares dentro de um limite superior e inferior de tolerância.

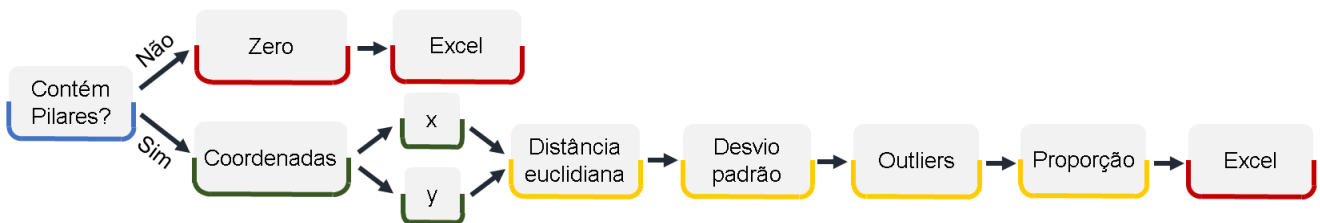


Figura 6.11 – Lógica para o critério Estrutura.
Fonte: A autora.

O uso de materiais mais leves e sistemas mais simples de divisórias como alternativas para paredes de alvenaria, facilitam a modificação dos cômodos e da organização de uma residência. Portanto, é relevante avaliar a quantidade proporcional de divisórias existentes no projeto. Para determinar o critério Vedações Verticais (Figura 6.12) é realizada uma proporção entre o somatório linear das medidas de todas as divisórias e o somatório linear de todas as outras paredes do projeto.

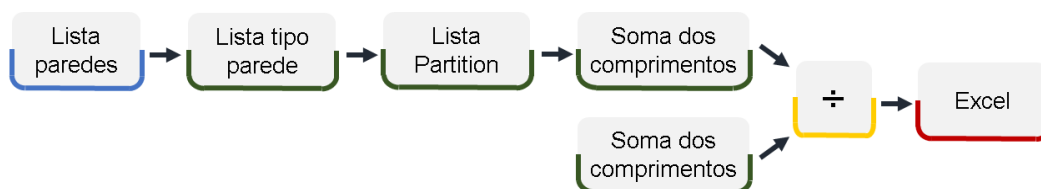


Figura 6.12 – Lógica para o critério Vedações Verticais.
Fonte: A autora.

A relação entre paredes externas e aberturas define o potencial de alterar a dimensão dos cômodos, já que a localização de uma parede será limitada pela janela, e o potencial de alterar o tipo de mobiliário e seu projeto de interiores. Para

o critério Aberturas (Figura 6.13) somam-se as larguras de todas as aberturas do projeto, e, caso existam, a largura de todas as cortinas de vidro. Posteriormente é realizada uma proporção deste resultado com o somatório das medidas de todas as paredes externas/envoltória do projeto.

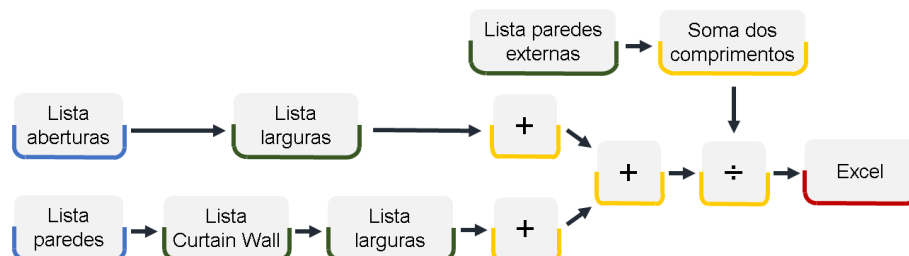


Figura 6.13 – Lógica para o critério Aberturas.
Fonte: A autora.

A localização do acesso ao apartamento define o tipo de organização e circulação da residência. Quando existe mais de um acesso, novas possibilidades podem ser estudadas para adaptar o apartamento. Para determinar o critério Acesso (Figura 6.14) são levantadas todas as portas que possuem a função externa, ou seja, as portas de acesso ao apartamento. São retiradas as coordenadas dessas portas (x,y) e calculada a distância entre esses pontos e as extremidades do projeto, através da hipotenusa formada por um triângulo retângulo. Após o cálculo da hipotenusa central, é feita a proporção.

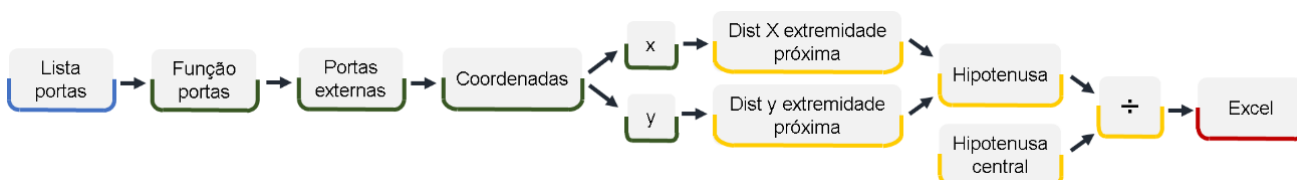


Figura 6.14 – Lógica para o critério Acessos.
Fonte: A autora.

Para o critério Revestimentos (Figura 6.15) é levantada a lista de cômodos do projeto, a partir da qual são removidas todas as casas de banho, cozinha e lavanderia. Com os elementos restantes, é verificado quais são os revestimentos aplicados nas paredes de cada ambiente. Caso algum dos ambientes possua revestimento cerâmico, a resposta final será sim, o contrário, não.

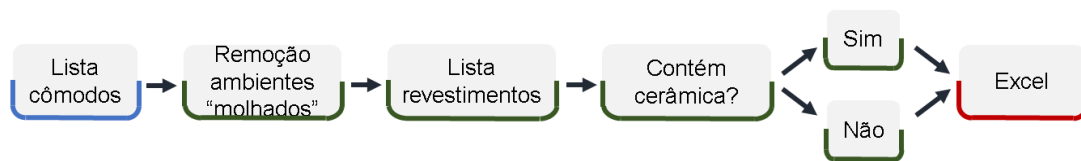


Figura 6.15 – Lógica para o critério Revestimentos.
Fonte: A autora.

Devido à maior dificuldade de alteração de um revestimento cerâmico, com exceção das casas de banho, cozinha e lavanderia, onde o uso é comum pelo contato com a umidade, a ideia é verificada se algum outro ambiente está utilizado o mesmo tipo de revestimento. Assim, existe um obstáculo maior para que sejam realizadas modificações.

Da Figura 6.16 até a Figura 6. 34 estão demonstrados, na mesma sequência da seção 6.1, a lógica de programação visual diretamente no plugin Dynamo.

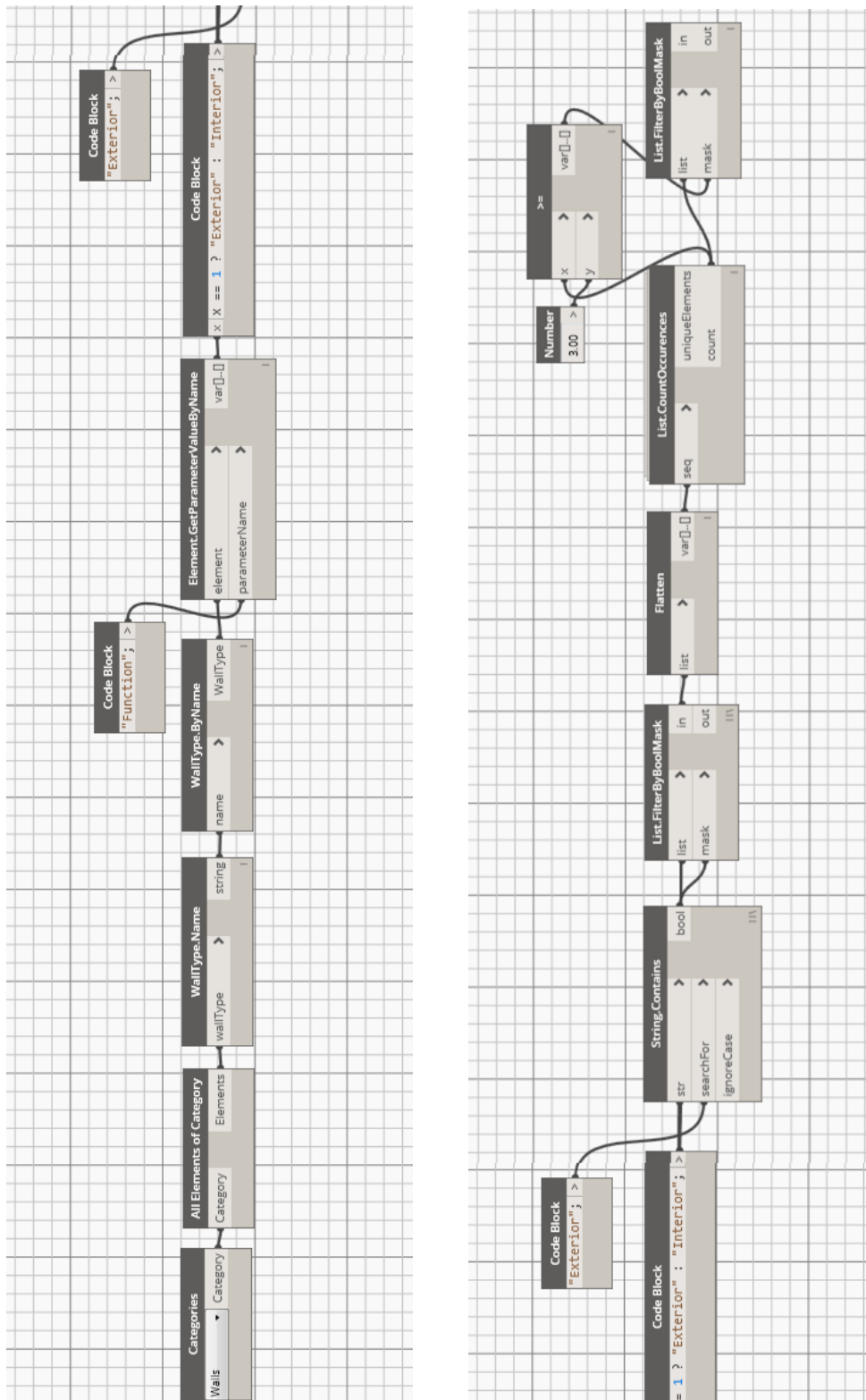


Figura 6.16 – Geometria Paredes no Dynamo.
Fonte: A autora.

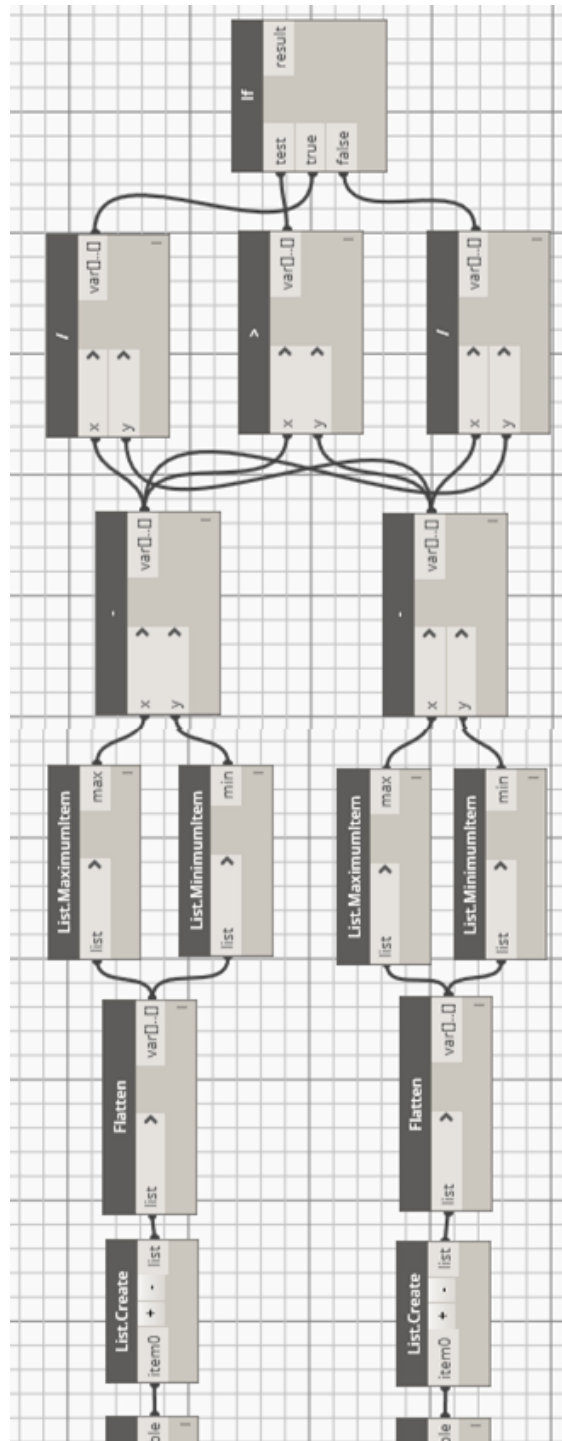


Figura 6.17 –Geometria Compacto no Dynamo.
Fonte: A autora.

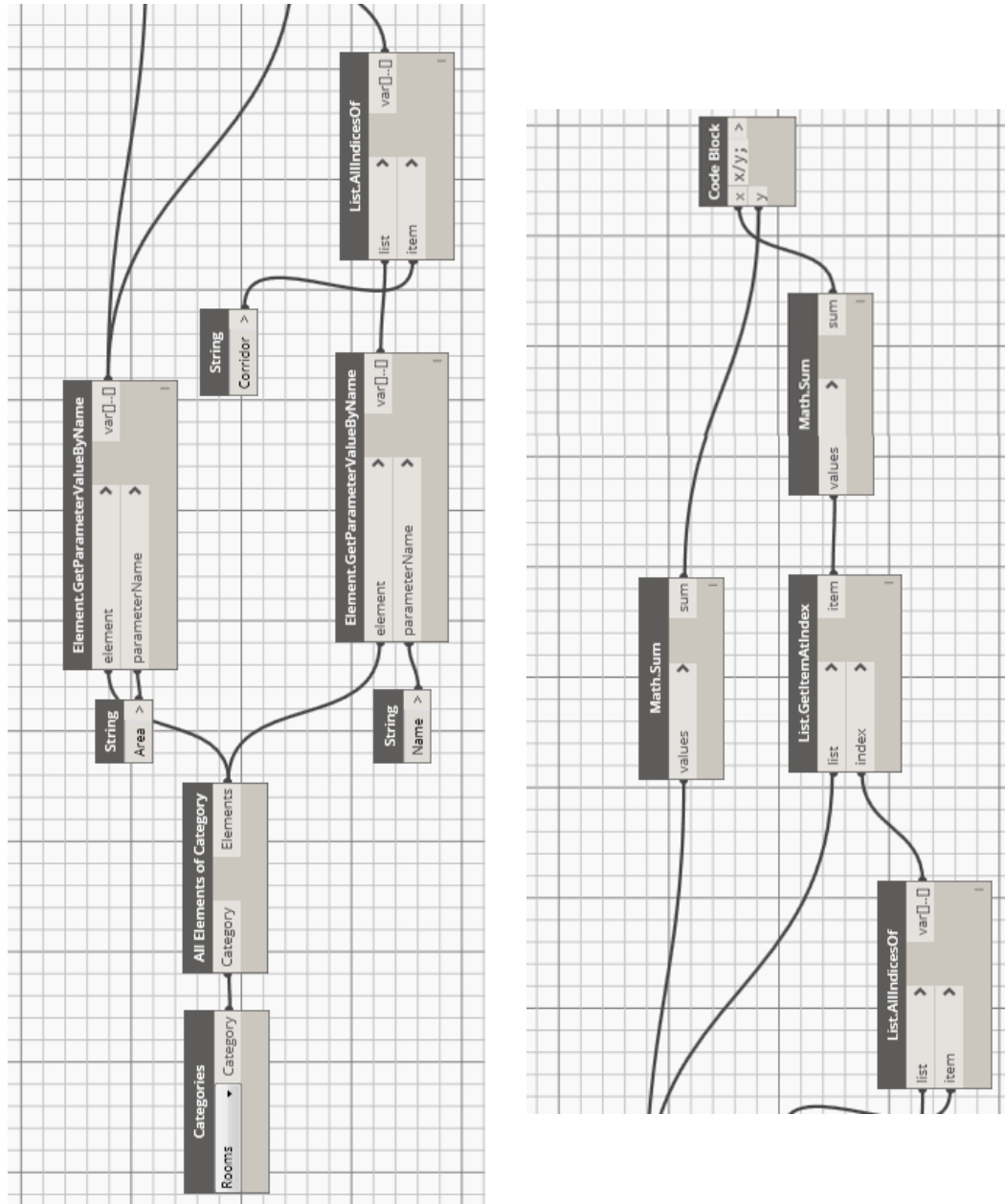


Figura 6.18 – Circulação Área no Dynamo.
Fonte: A autora.

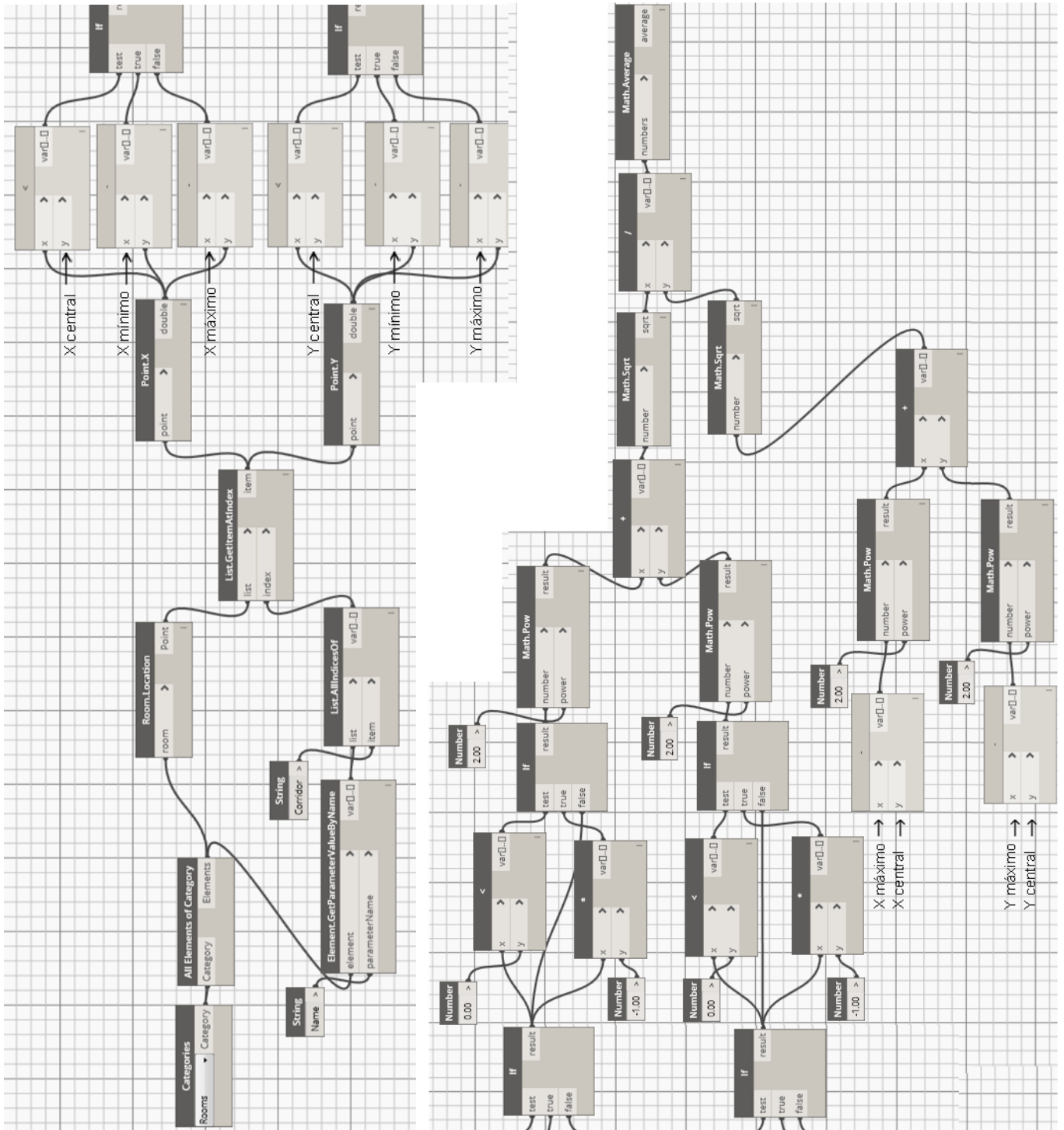


Figura 6.19 – Circulação Tipo no Dynamo.
Fonte: A autora.

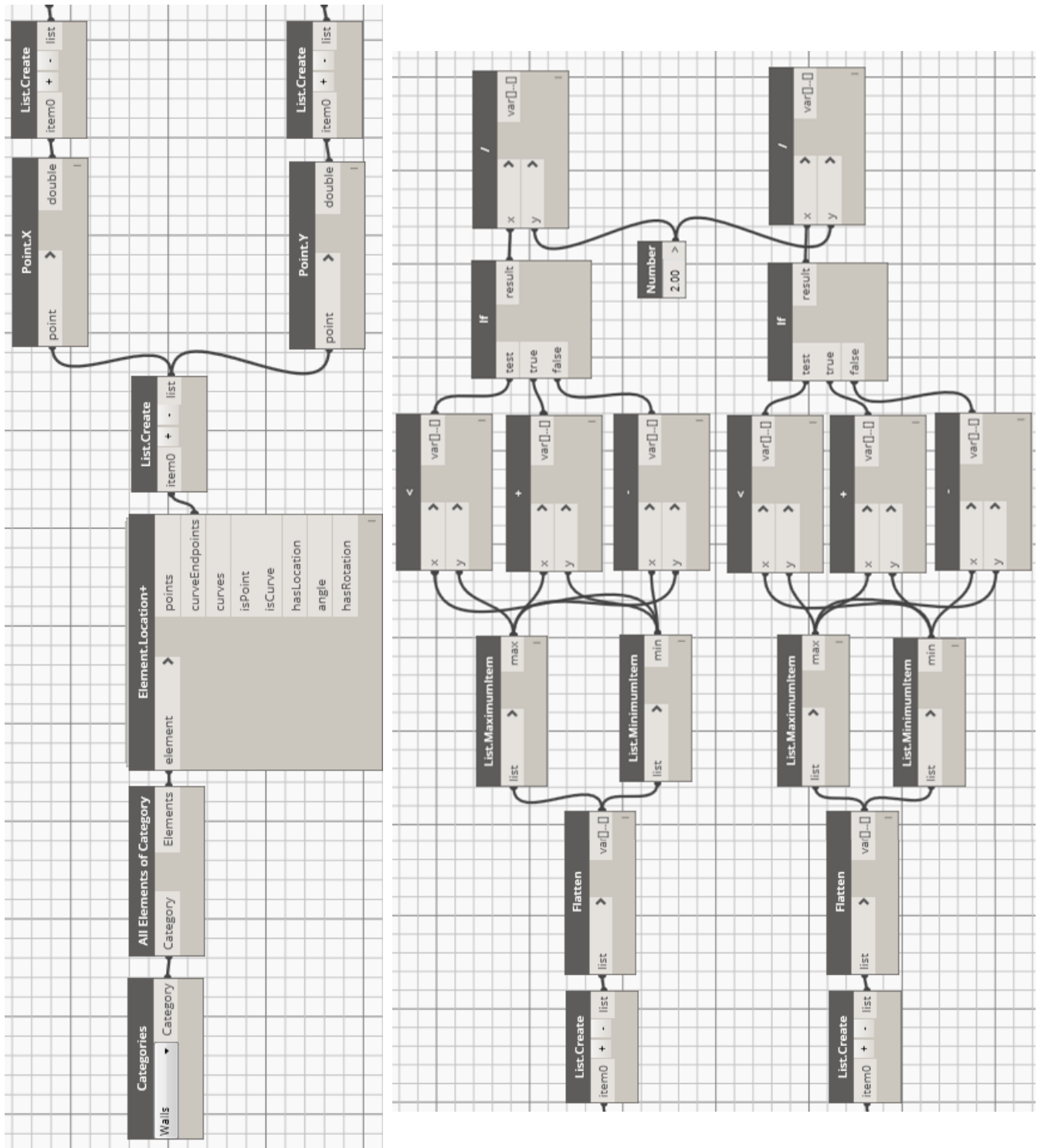


Figura 6.20 – Determinação das coordenados dos pontos X e Y centrais do projeto.
Fonte: A autora.

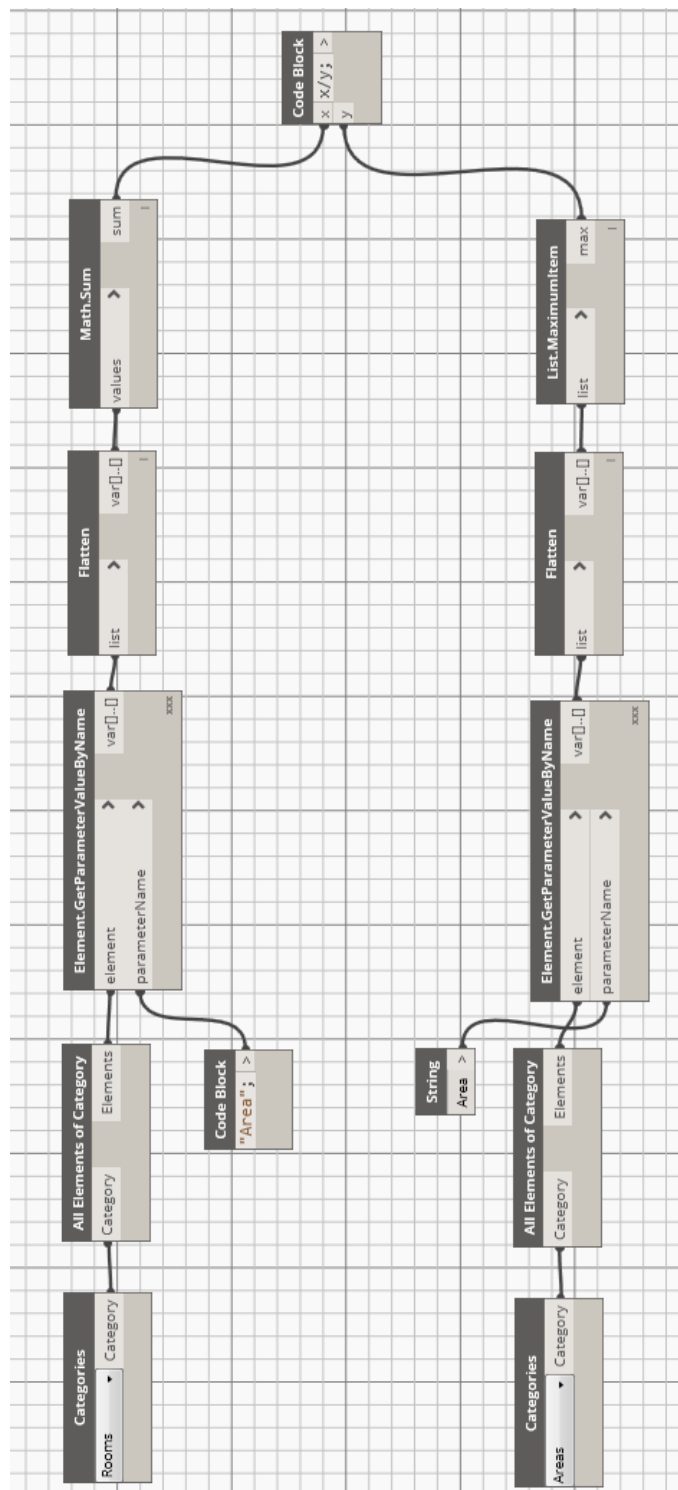


Figura 6.21 – Área útil/Construída no Dynamo.
Fonte: A autora

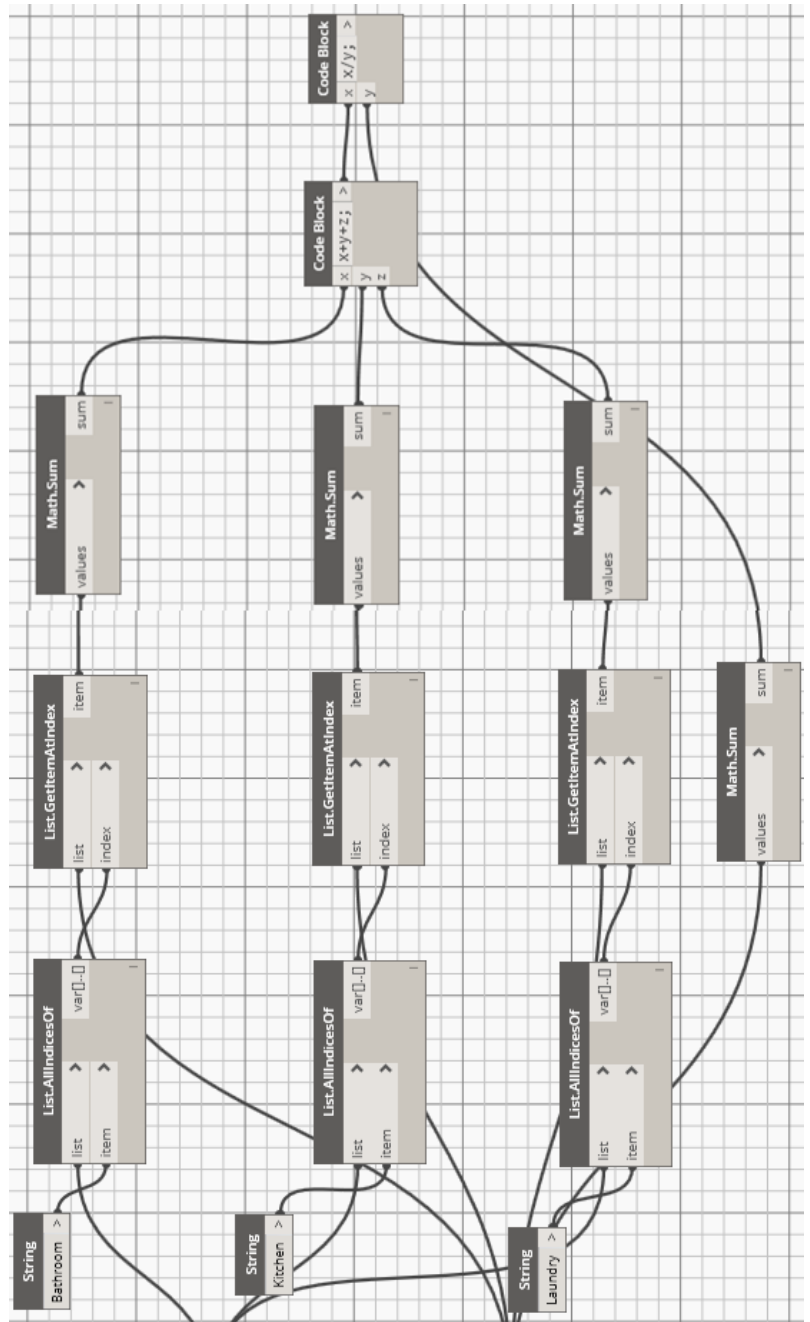
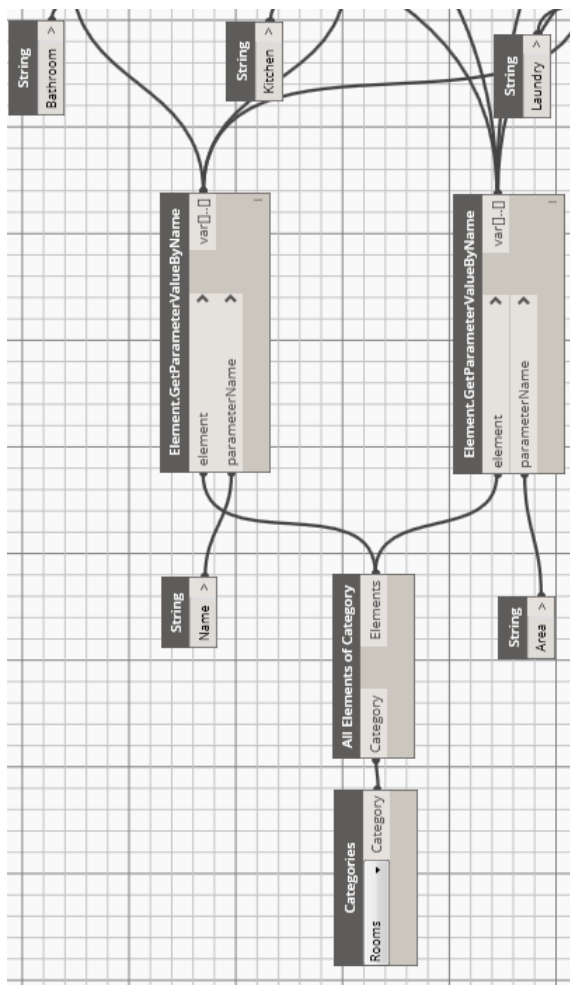


Figura 6.22 – Proporção Usos no Dynamo.
Fonte: A autora

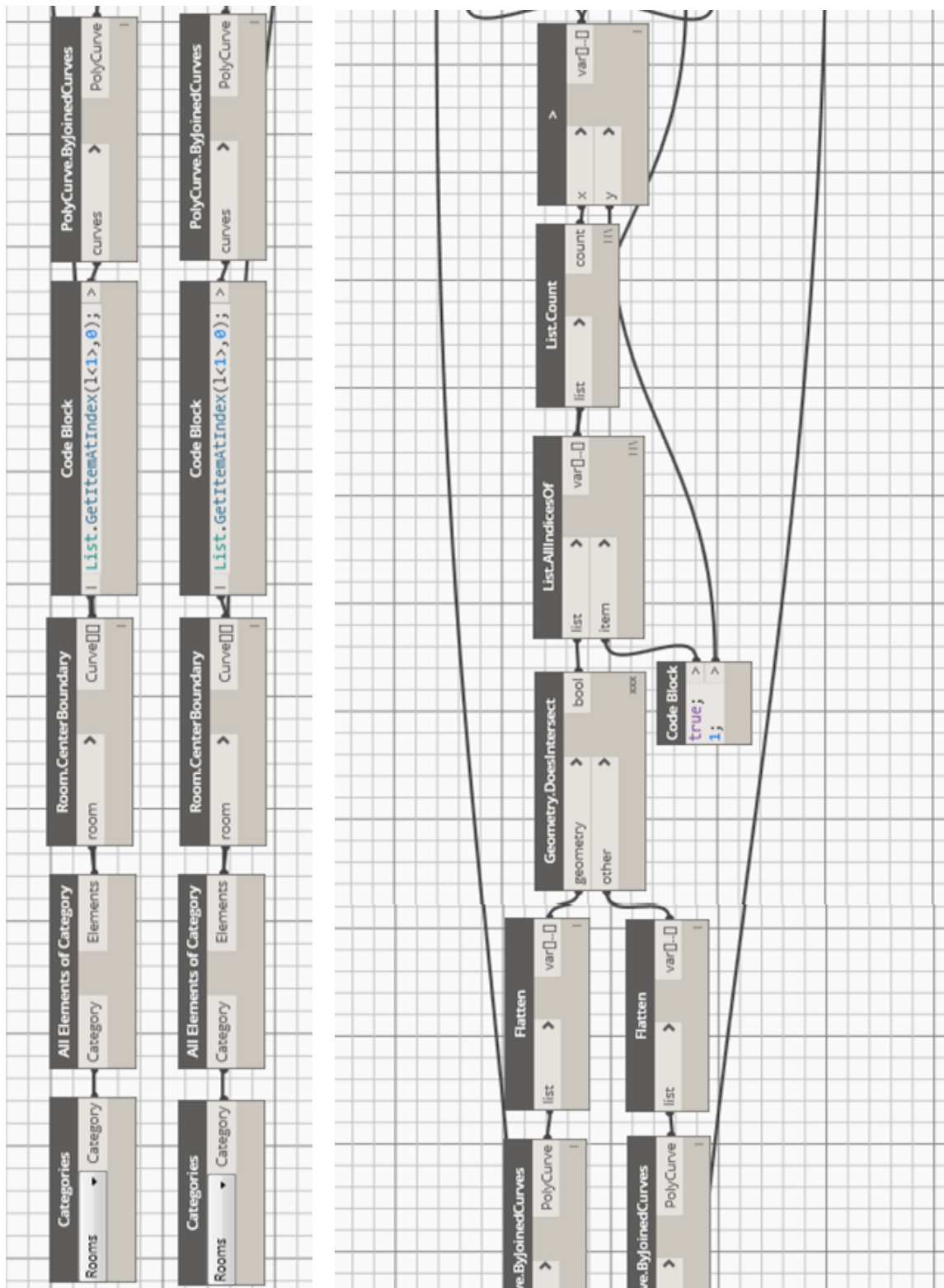


Figura 6.23 – Hierarquia no Dynamo (parte 1).
Fonte: A autora

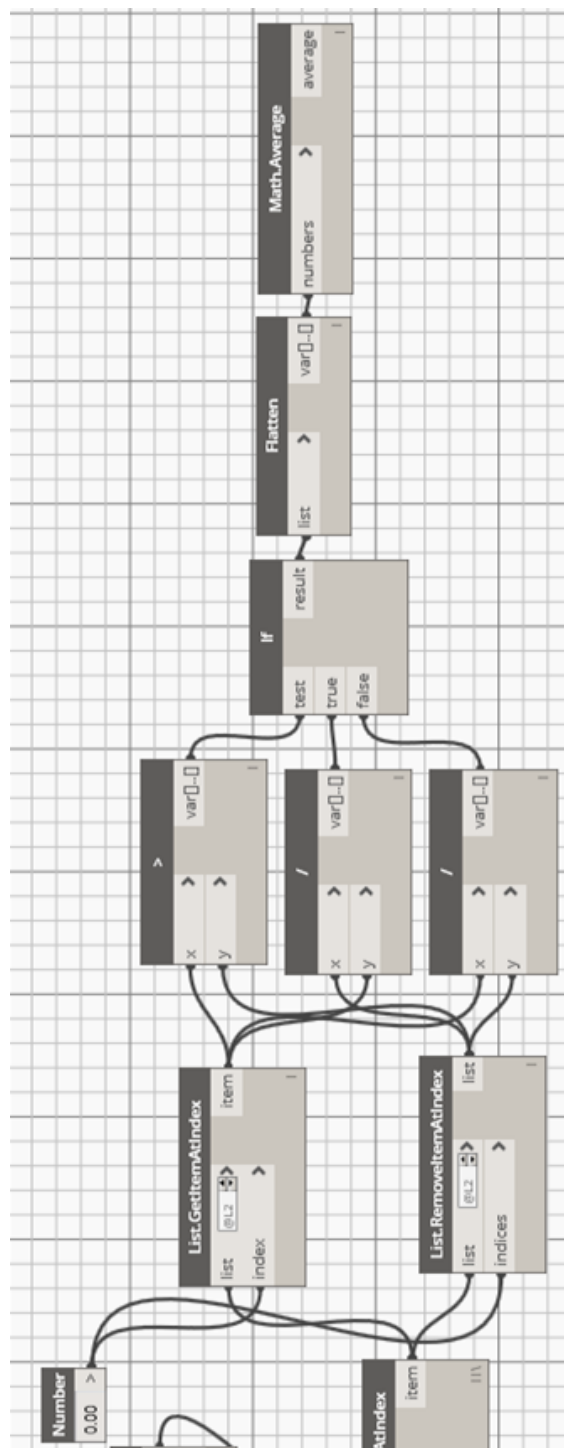
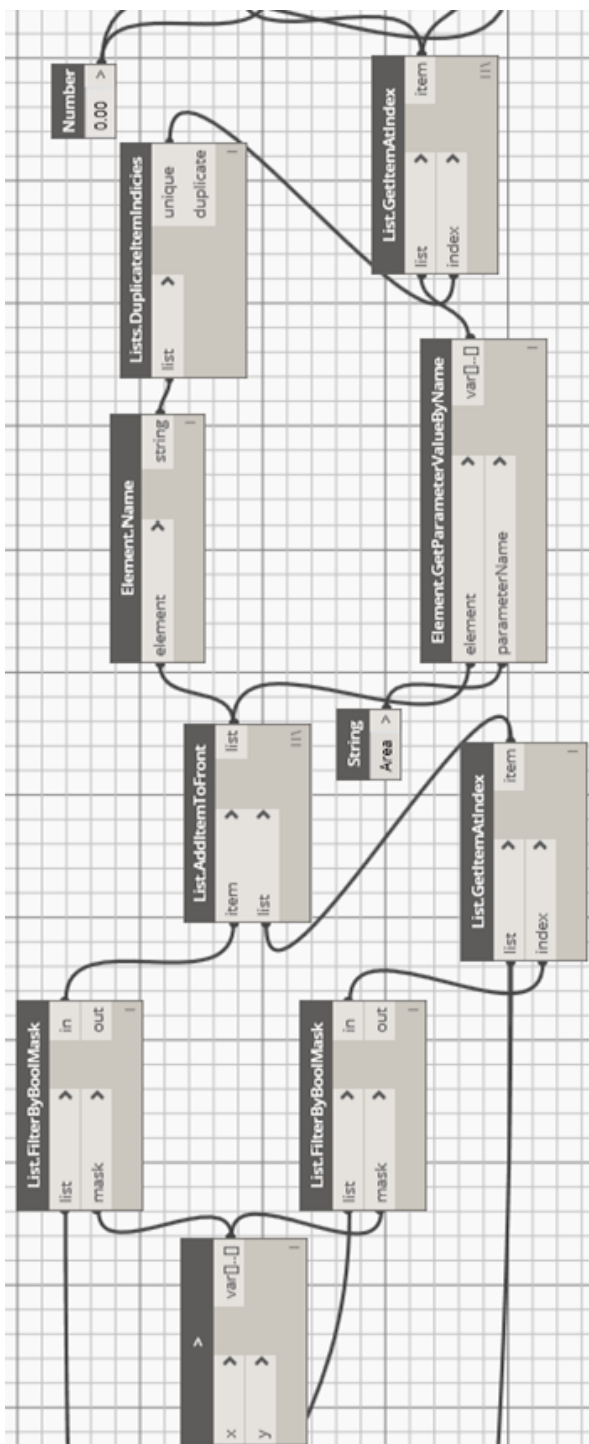


Figura 6.24 – Hierarquia no Dynamo (parte 2).

Fonte: A autora

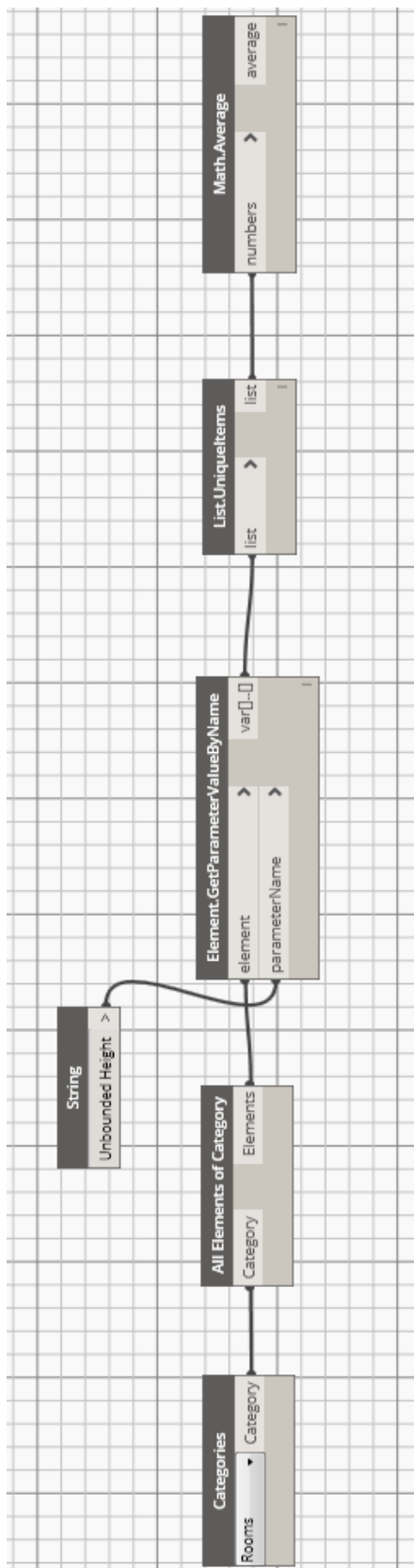


Figura 6.25 – Pé-direito no Dynamo.
Fonte: A autora

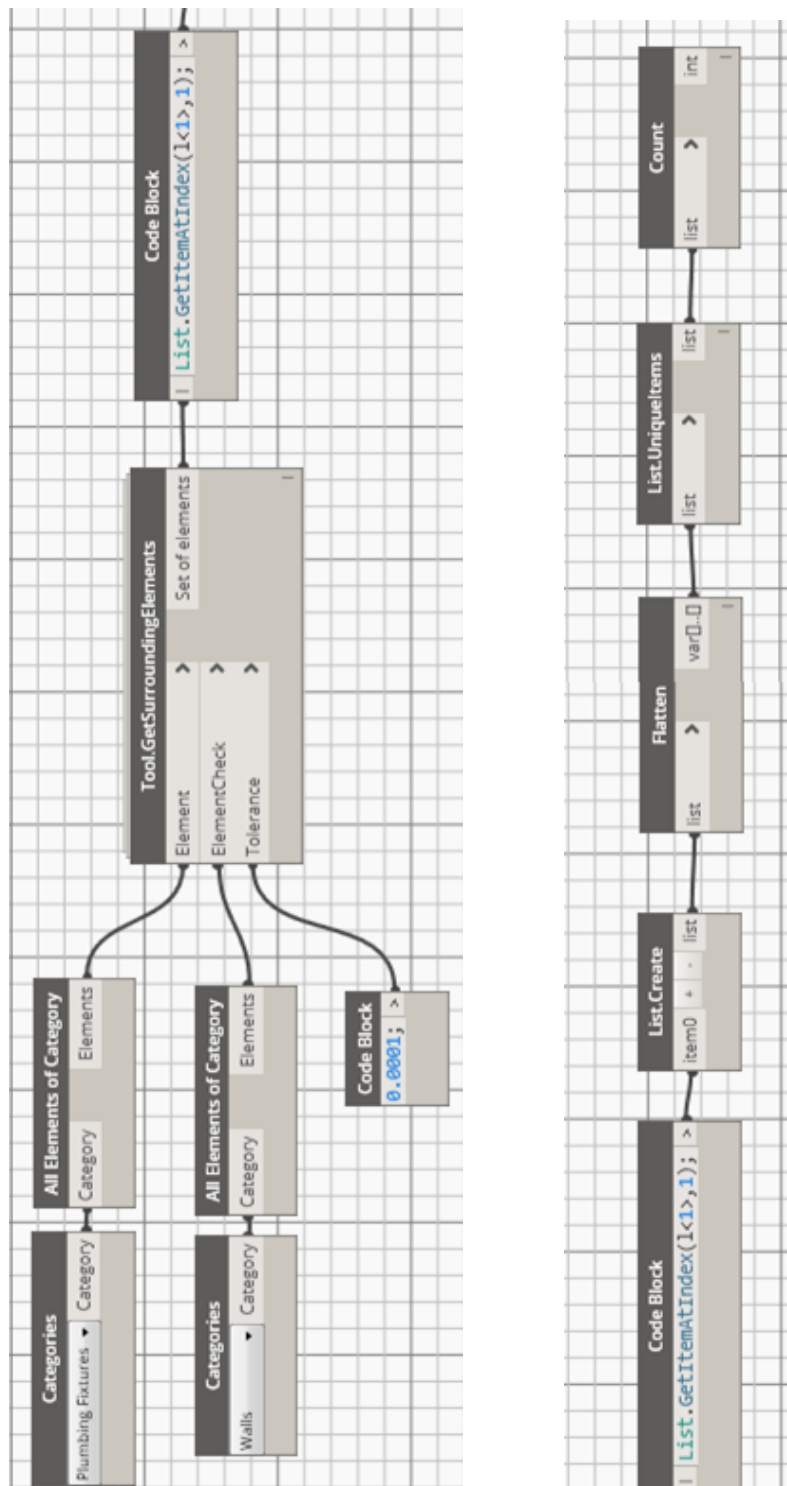


Figura 6.26 – Apoio no Dynamo.
Fonte: A autora

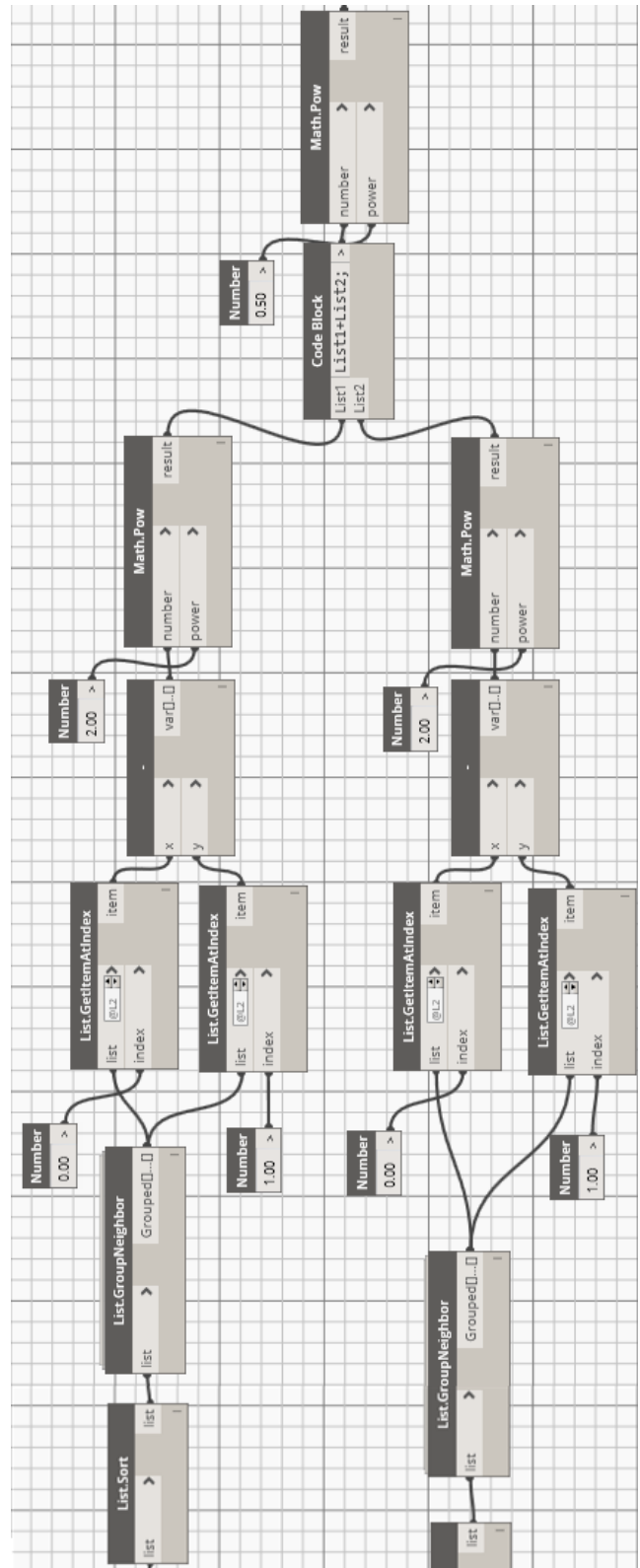
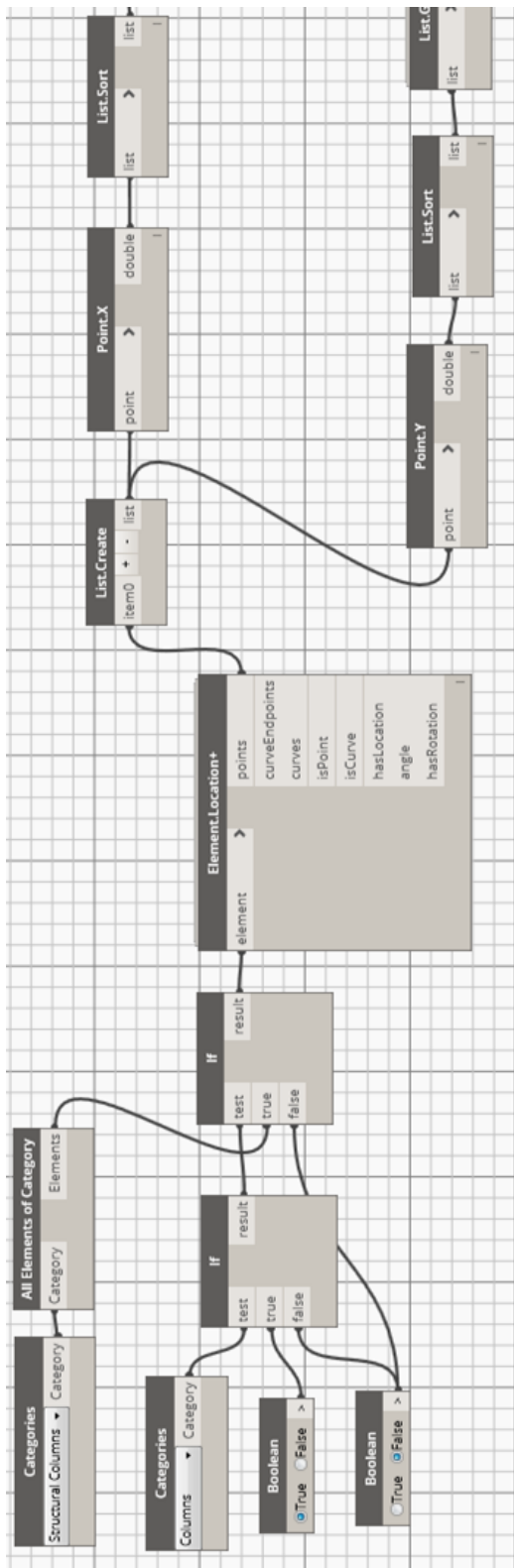


Figura 6.27 – Estrutura no Dynamo (parte 1).
Fonte: A autora

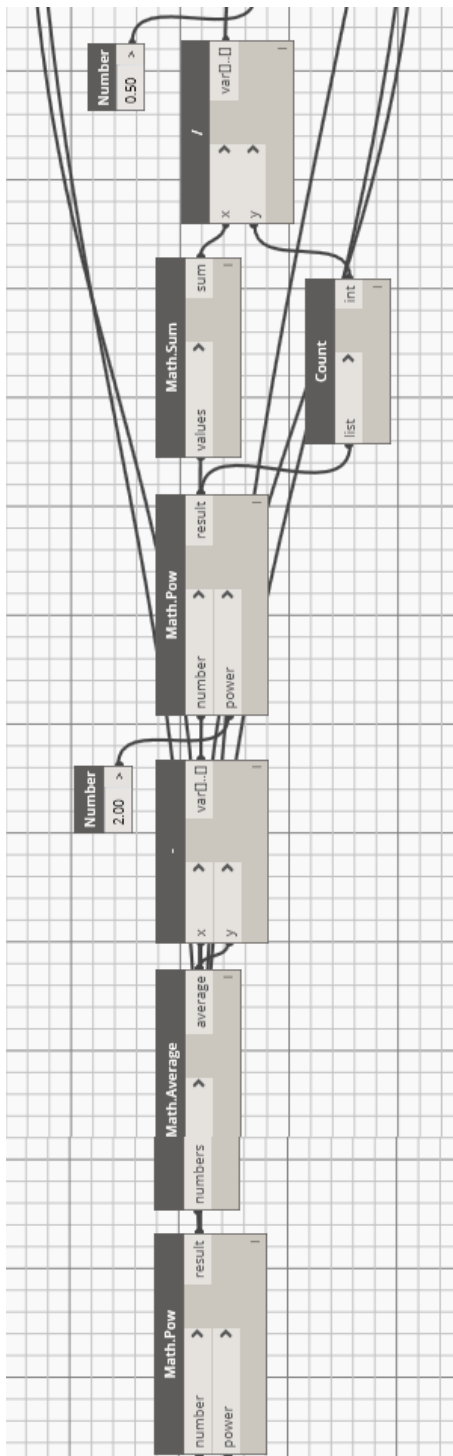
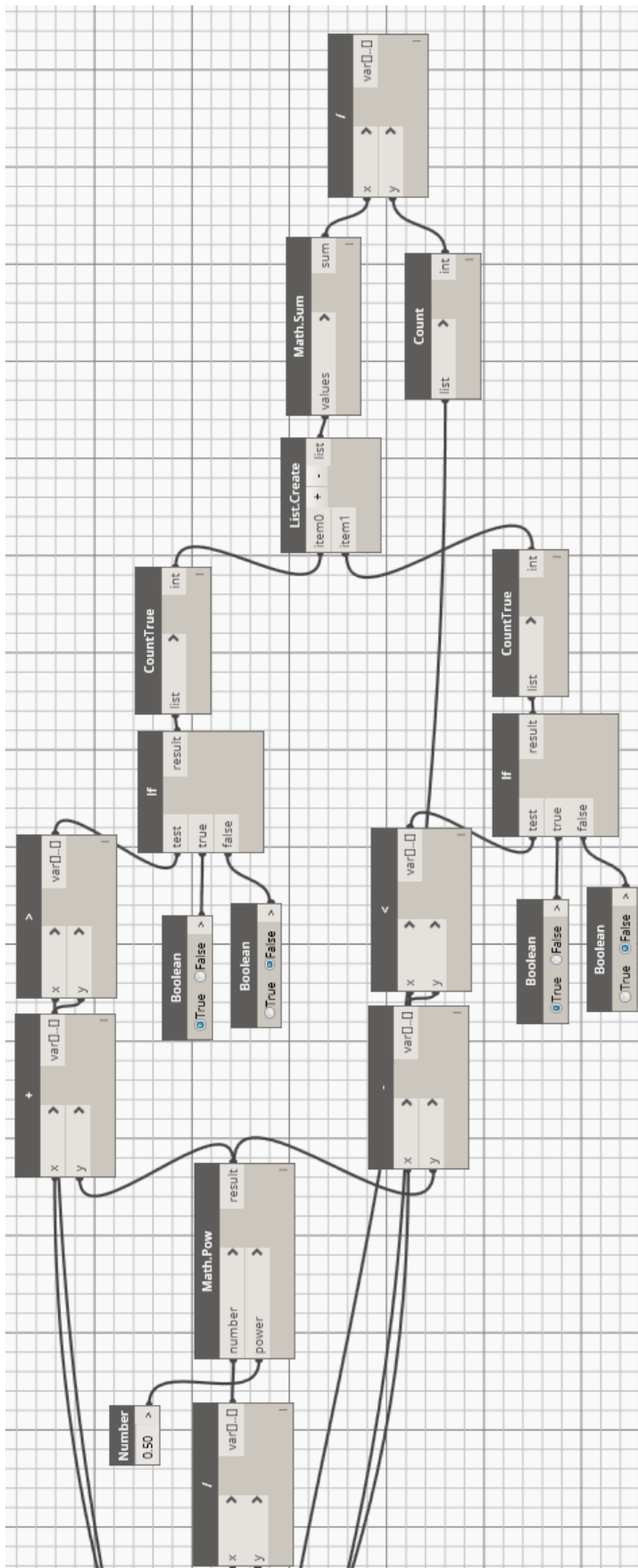


Figura 6.28 – Estrutura no Dynamo (parte 2).
Fonte: A autora



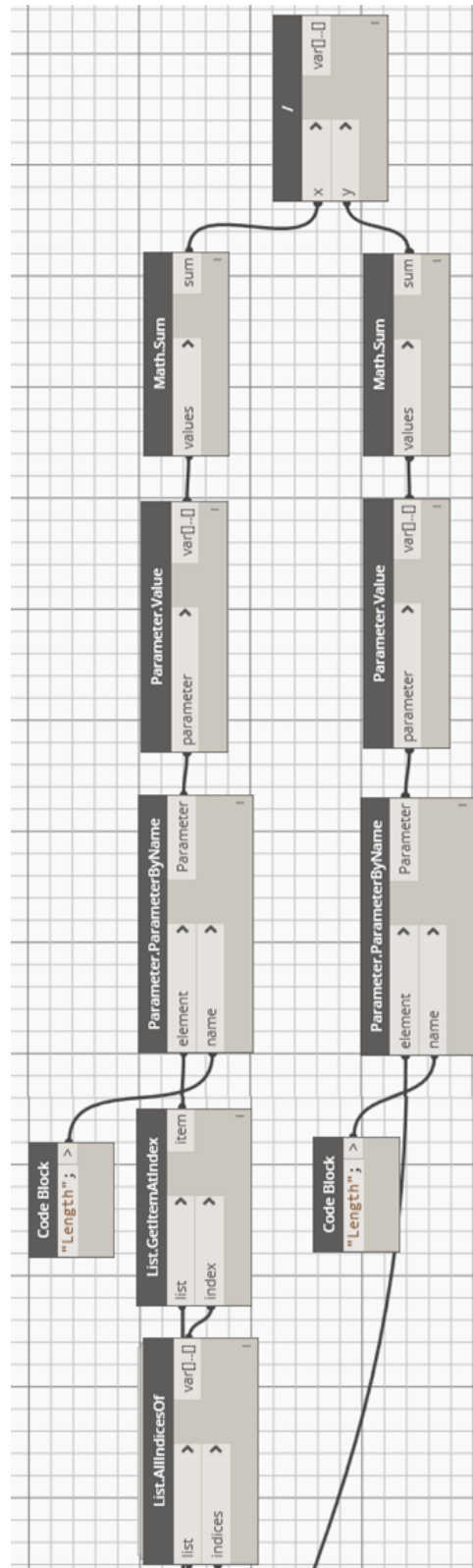
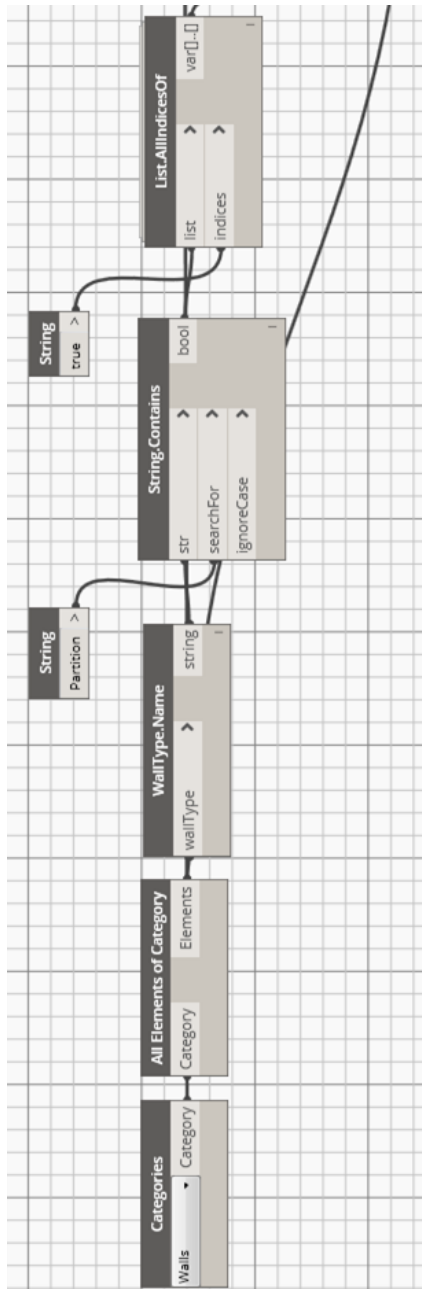


Figura 6.29 – Vedação Vertical no Dynamo.
Fonte: A autora

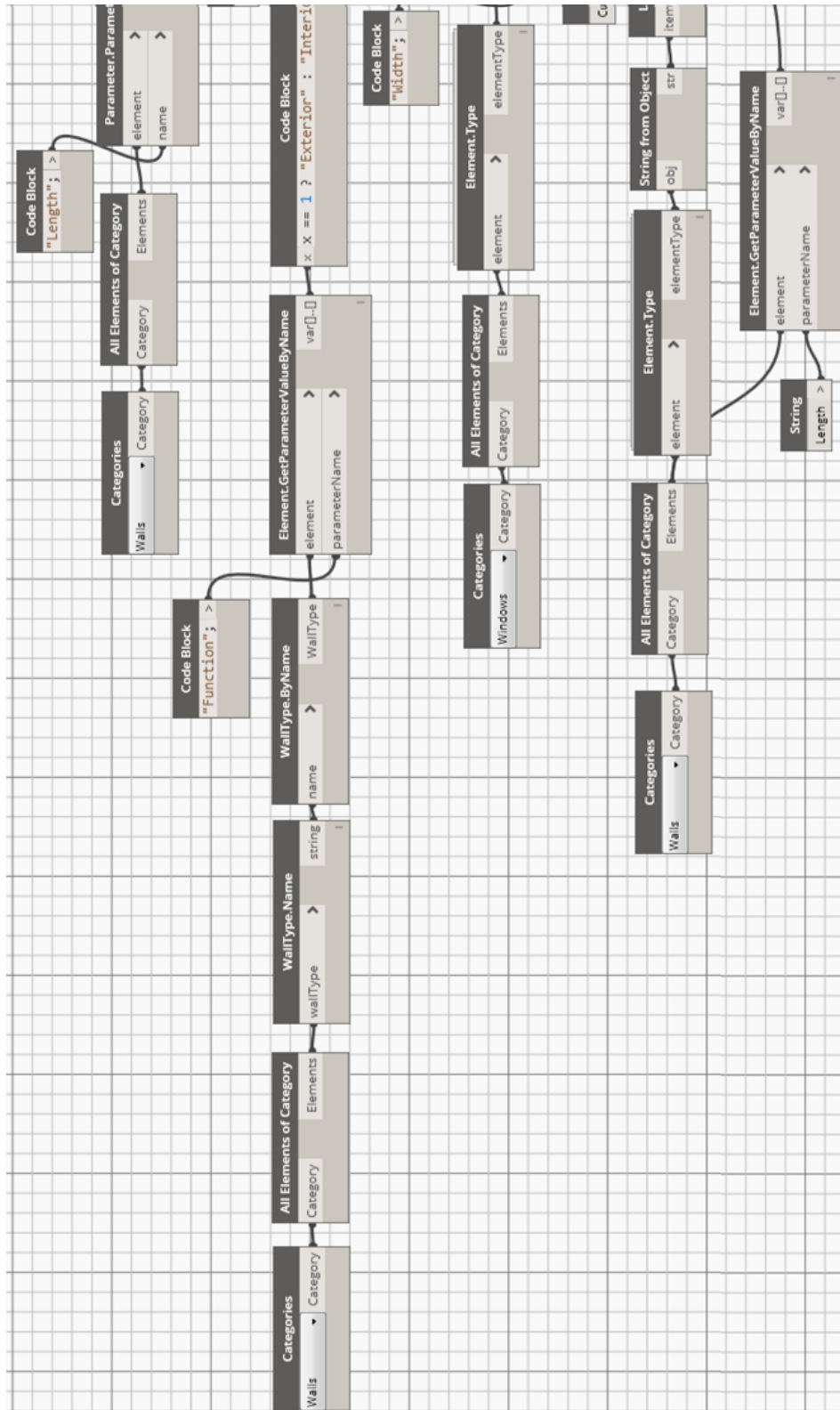


Figura 6.30 –Aberturas no Dynamo (parte 1).
Fonte: A autora

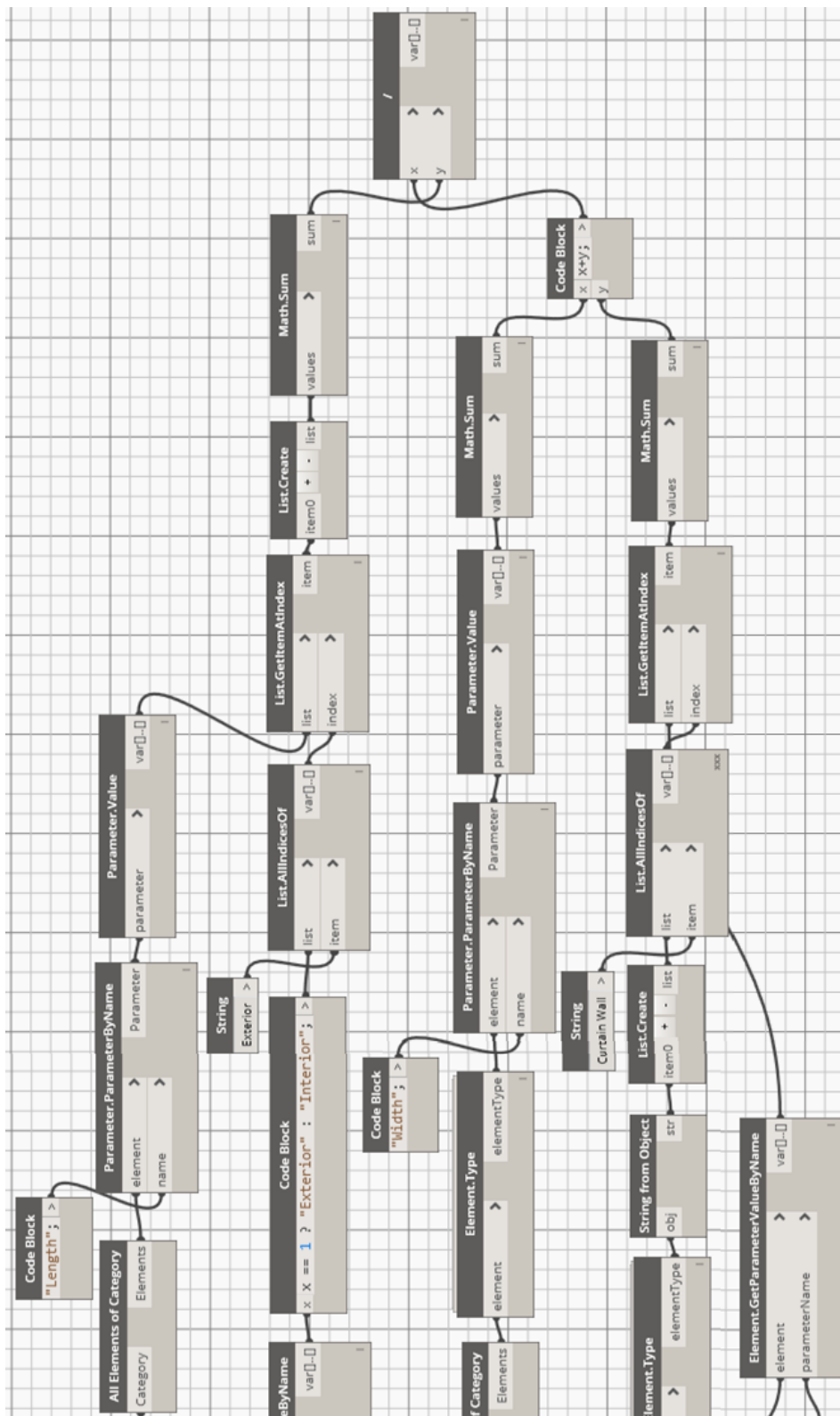


Figura 6.31 –Aberturas no Dynamo (parte 2).
Fonte: A autora

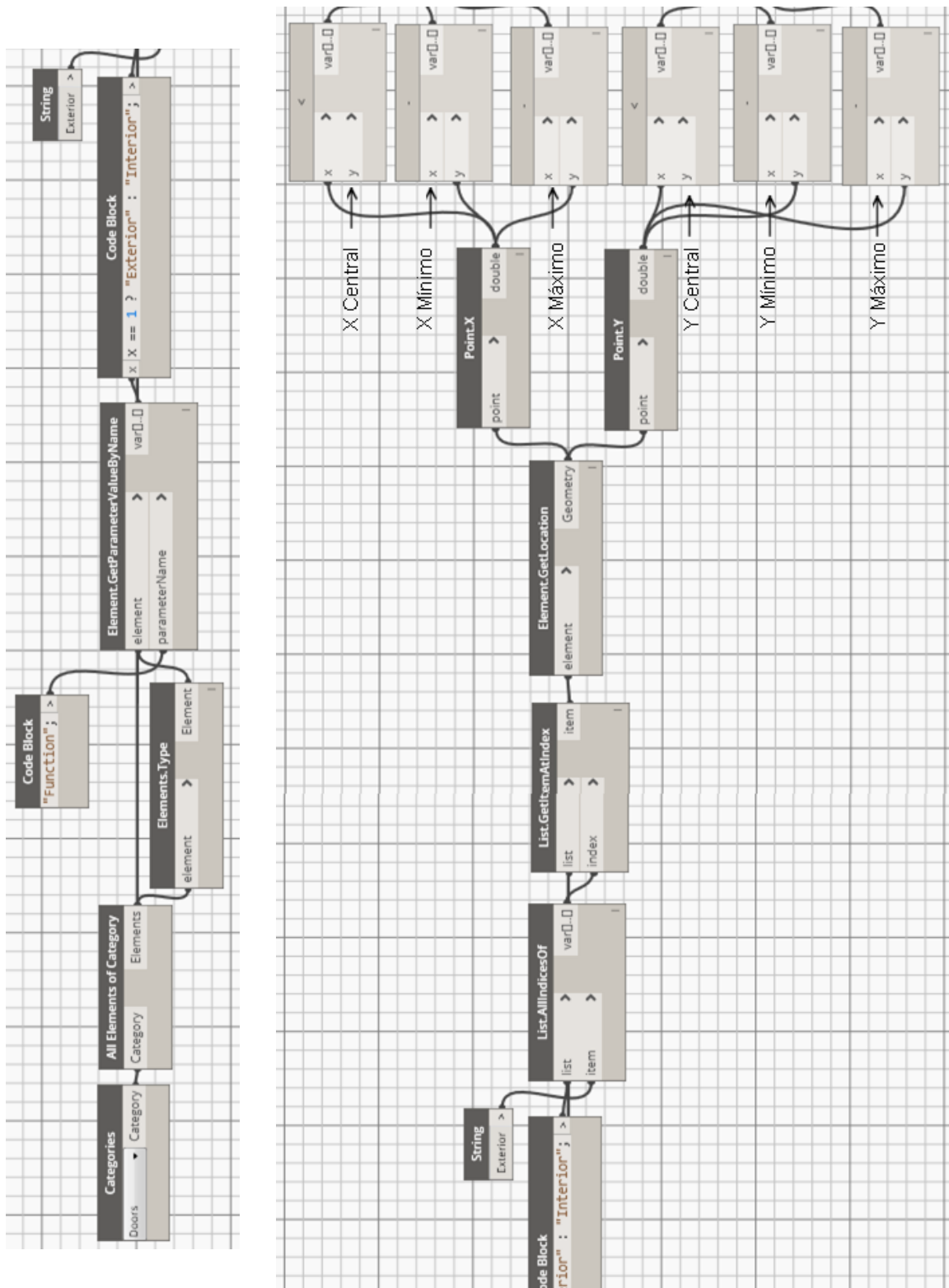


Figura 6.32 – Acessos no Dynamo (parte 1).
Fonte: A autora

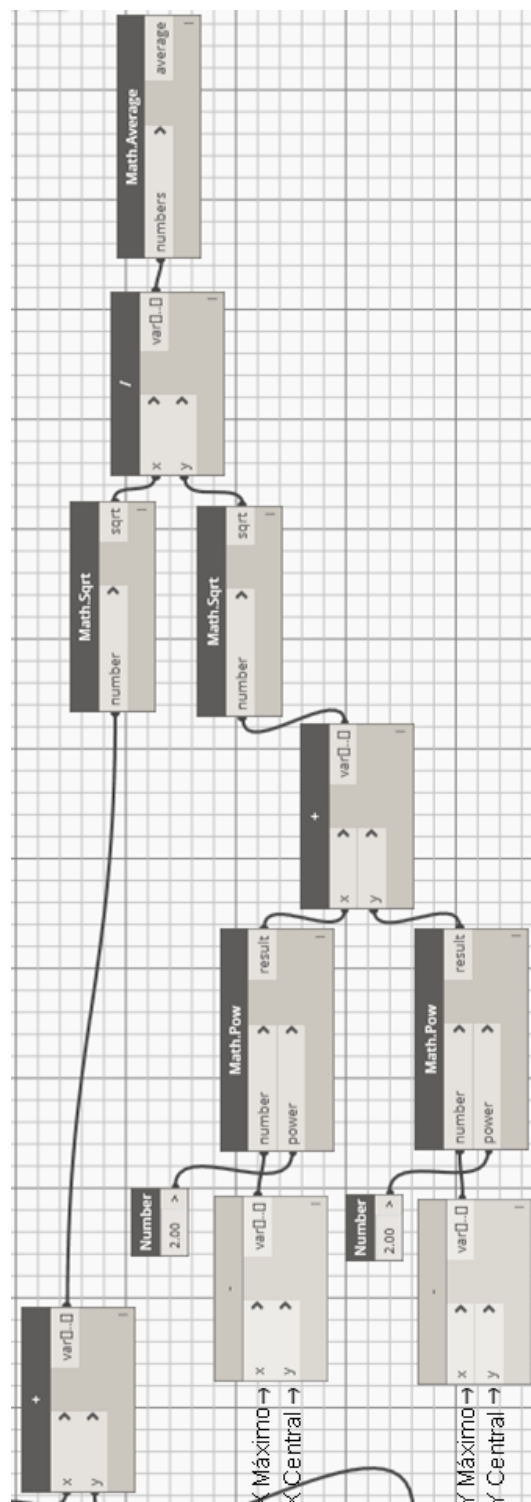
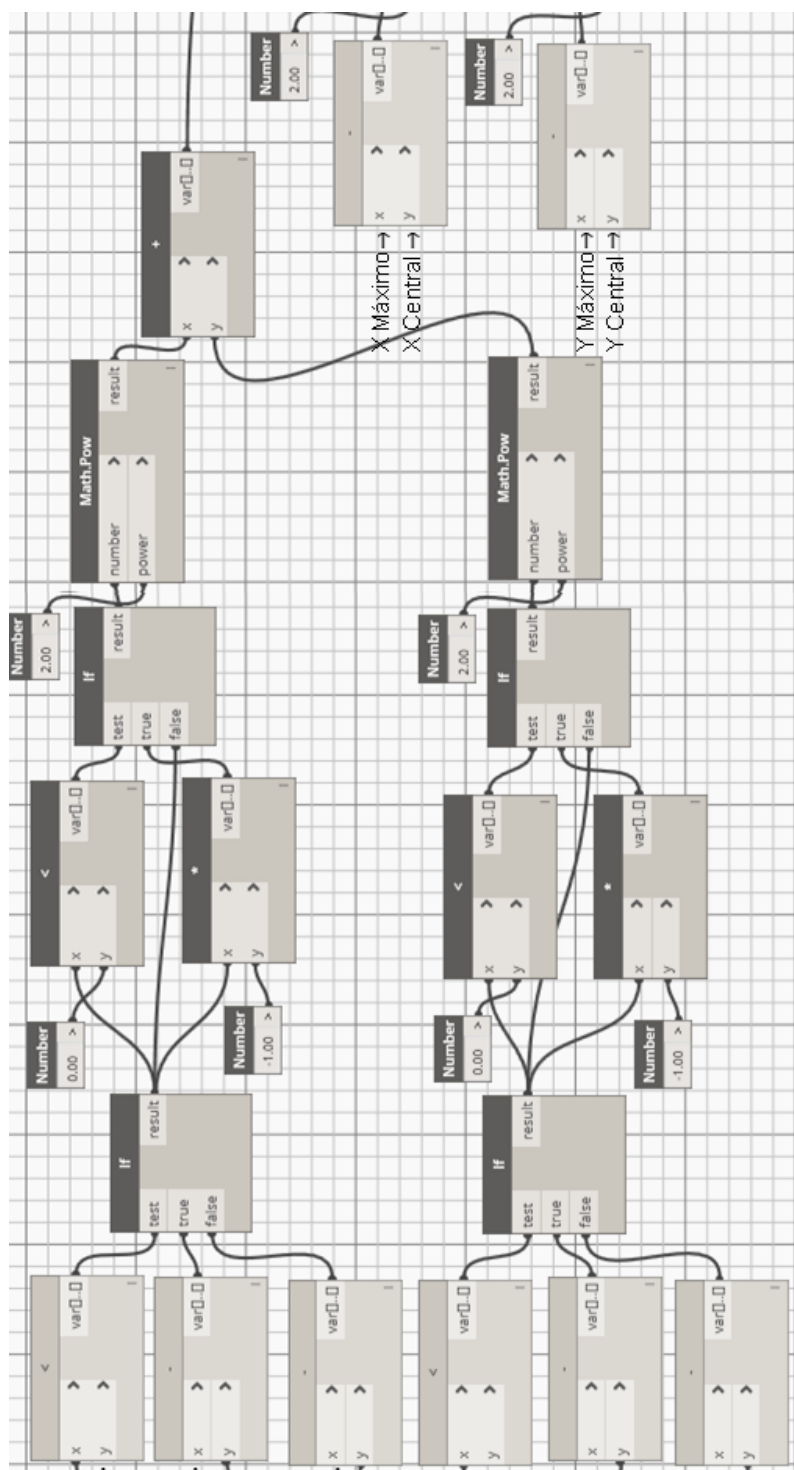


Figura 6.33 – Acessos no Dynamo (parte 2).
Fonte: A autora

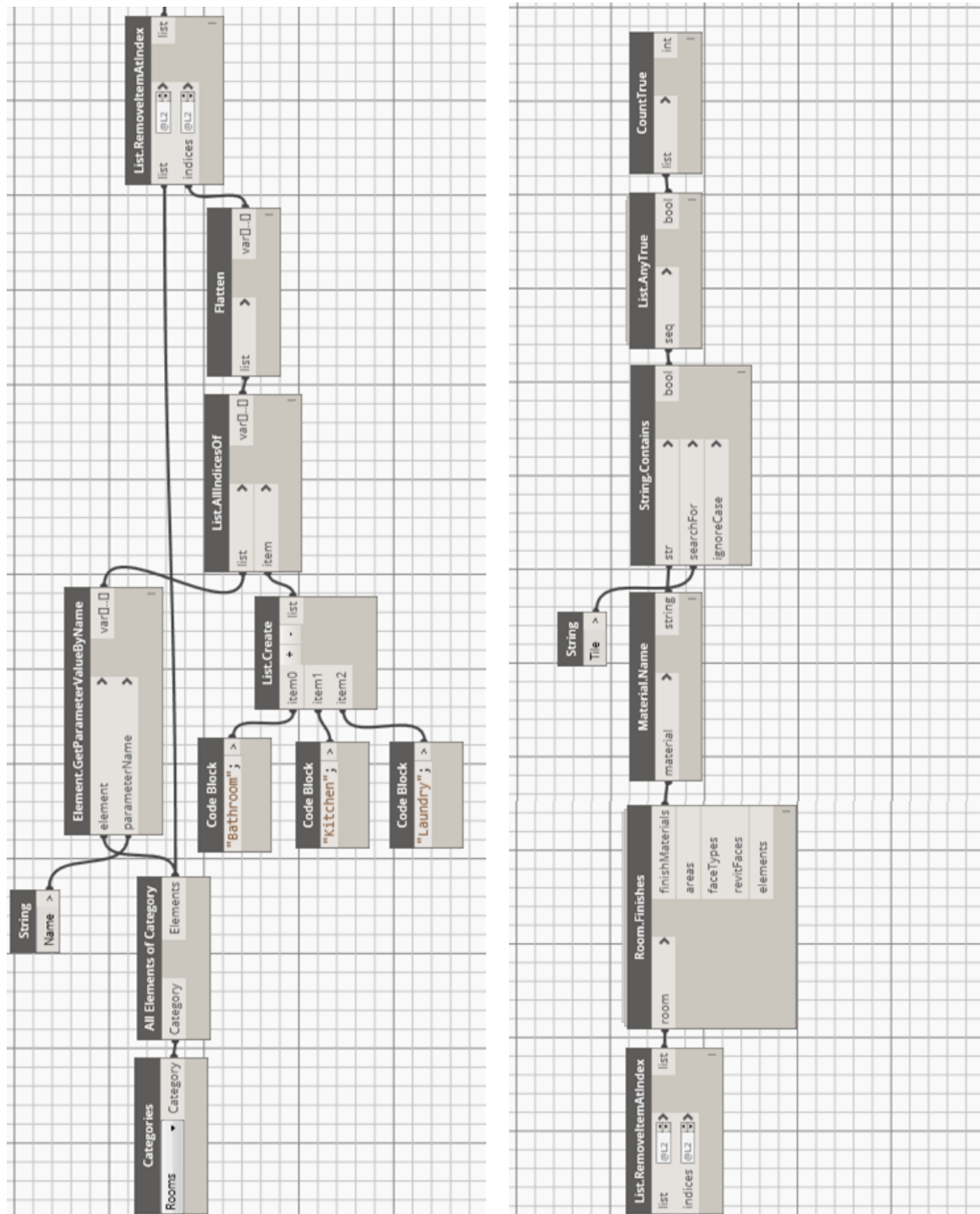


Figura 6.34 – Revestimentos no Dynamo.
Fonte: A autora

6.2 Índice de Flexibilidade

Os Espaços Indeterminados (Figura 6.35) são definidos por aqueles cômodos que não possuem um uso definido, os quais estão denominados no projeto como “Rooms”. Com base na lista de cômodos do projeto é verificado se existem “Rooms” no desenho, independentemente da quantidade, como forma de apontar o uso da estratégia na habitação.

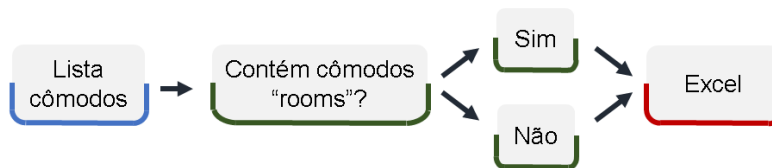


Figura 6.35 – Lógica para o critério Espaços Indeterminados.
Fonte: A autora.

No caso de Mobiliário Multifuncional (Figura 6.36), todos os elementos que possuem esta característica estão inseridos no projeto como componente “Furniture”. Assim, é possível listar e contar, caso existam, essas componentes no projeto. Existindo pelo menos um mobiliário multifuncional, o critério receberá parecer positivo para a estratégia.

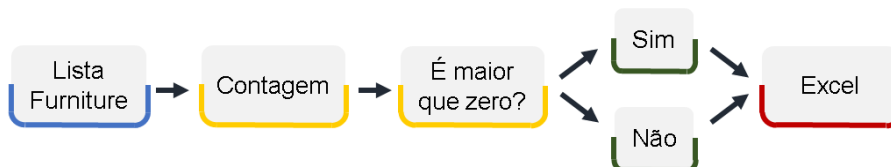


Figura 6.36 – Lógica para o critério Mobiliário Multifuncional.
Fonte: A autora.

Os Espaços Multifuncionais são aqueles que possuem, pelo menos, duas funções em um mesmo espaço, limitadas pela configuração do desenho. Para listar os cômodos que são espaços multifuncionais (Figura 6.37) são levantados aqueles que estão separados pela linha “Room Separation” do Revit, ou seja, aqueles cômodos que não estão separados por divisórias ou paredes. É examinado se não existe um cômodo com ligação somente a uma circulação, caso descartado como espaço multifuncional, e contabilizados os que restarem. Caso existam, recebem parecer positivo.

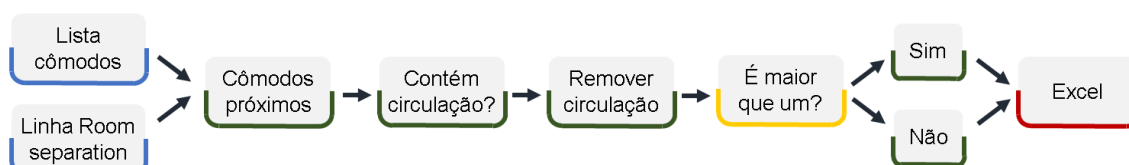


Figura 6.37 – Lógica para o critério Espaços Multifuncionais.

Fonte: A autora.

Para o critério Planta Livre (Figura 6.38), após a listagem de todas as paredes que existem no projeto, são classificadas aquelas que pertencem somente ao interior da habitação. A partir da lista são removidas todas as divisórias do projeto, já que estas são criadas e modificadas livremente pelo usuário. Com o restante da lista, caso existam paredes, é averiguado quais são os cômodos pertencentes a estas paredes.

Os cômodos “molhados”, casas de banho, cozinha, lavanderia, são separados dos restantes, conforme a combinação dos que possuem paredes recebem parecer positivo, negativo ou parcial. Caso somente as áreas molhadas possuam paredes a classificação é parcial, caso não existam paredes a classificação é positiva e caso existam outros cômodos com paredes o parecer é negativo.

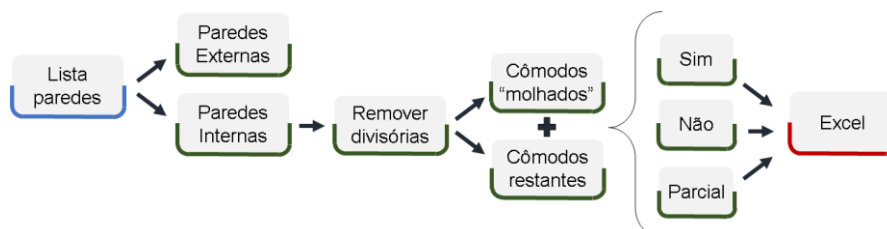


Figura 6.38 – Lógica para o critério Planta Livre.

Fonte: A autora.

A verificação do critério Zona Técnica e de Serviços (Figura 6.39) consiste na existência de zonas das áreas “molhadas” agrupadas. São listados os cômodos e separados todos as casas de banho, cozinha e lavanderia. Conforme o formato de cada ambiente são criados polígonos que servem para medir as distâncias entre esses cômodos, a partir do seu ponto central. Com base no cálculo, consegue-se levantar se os cômodos estão agrupados e/ou próximos. Caso existam somente uma zona, recebe parecer positivo, duas zonas, parcial, mais que duas, negativo.

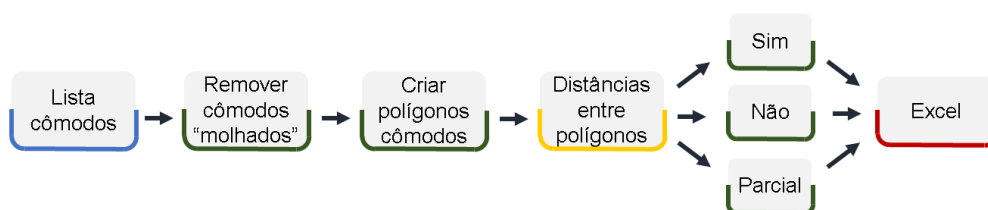


Figura 6.39 – Lógica para o critério Zona técnica e de Serviços.

Fonte: A autora.

O critério Acesso para Manutenção (Figura 6.40) está relacionado com a existência de um local de fácil acesso para a manutenção de infraestruturas da residência, principalmente a tubulação de água e esgoto. Desse modo, o algoritmo faz um levantamento da existência de “Shafts” (Coretes), que são assim configurados já no desenho no Revit. Existindo pelo menos um “Shaft” (Corete), o parecer será positivo.

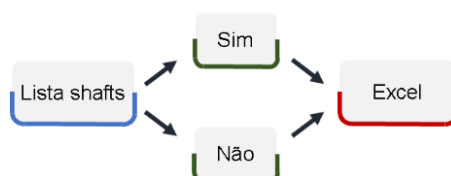


Figura 6.40 – Lógica para o critério Acesso para Manutenção.

Fonte: A autora.

Para o critério Modularização foram criadas três medidas: Modularização das paredes, Modularização das portas e Modularização das aberturas. A três medidas geram o dado final para o Excel. A Modularização das Paredes (Figura 6.41) é obtida com a lista de Grids do projeto, inseridas previamente no desenho nos alinhamentos das paredes e divisórias. Com as coordenadas de cada Grid são calculadas as distâncias no eixo X e Y e a proporção, com margem de mais ou menos 10%. Caso 80% dos grids estejam dentro desta condição, recebe parecer positivo.



Figura 6.41 – Lógica para o critério Modularização Paredes.

Fonte: A autora.

Para a Modularização das Portas (Figura 6.42) são levantadas as larguras de todas as portas e verificas se eles possuem um padrão na dimensão, do mesmo modo que a Modularização Paredes, com aceitação de variação de 10%, e depois se o padrão corresponde a 80% delas.

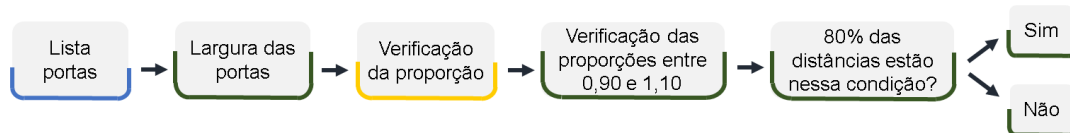


Figura 6.42 – Lógica para o critério Modularização Portas.
Fonte: A autora.

Para a Modularização das Aberturas (Figura 6.43) ocorre o mesmo processo: levantamento das larguras, verificação das proporções e se encaixam em 80% dos casos.

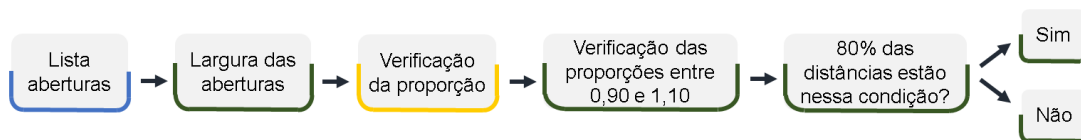


Figura 6.43 – Lógica para o critério Modularização Aberturas.
Fonte: A autora.

O conjunto das três informações: Modularização Paredes, Portas e Aberturas será utilizado para compor o resultado final. Caso a média entre os três seja maior que 80% a resposta final para o critério Modularização será positiva. Da Figura 6.44 até a Figura 6.61 encontram-se os critérios da seção 6.2 no plugin Dynamo.

A lógica desenvolvida para cada um dos critérios dos Índices de Adaptabilidade e Flexibilidade exige a compreensão dos procedimentos disponíveis pelo plugin Dynamo a sua relação de interface com o software Revit. Entender os potenciais e as restrições de cada caso, refletem na forma como o critério foi pensado e estruturado. No processo de entender a “máquina”, existe a reflexão do arquiteto sobre o espaço e de suas materialidades, um equilíbrio essencial para a programação.

Agilizar o processo de análise não significa robotizar e automatizar, apenas facilitar a percepção sobre um projeto e promover outras reflexões sobre o modo como é percebido e construído o habitat.

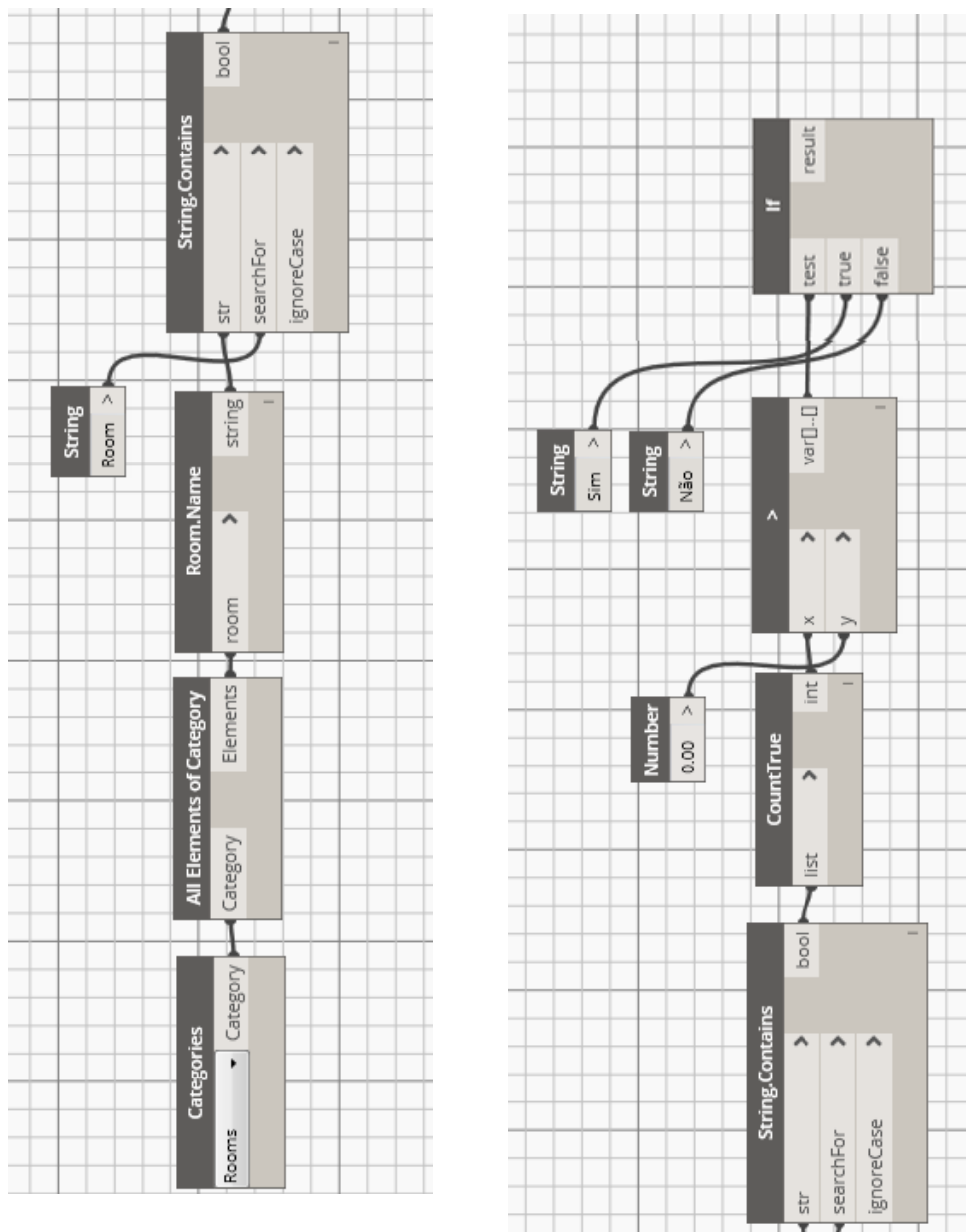


Figura 6.44 – Espaços Indeterminados no Dynamo
Fonte: A autora.

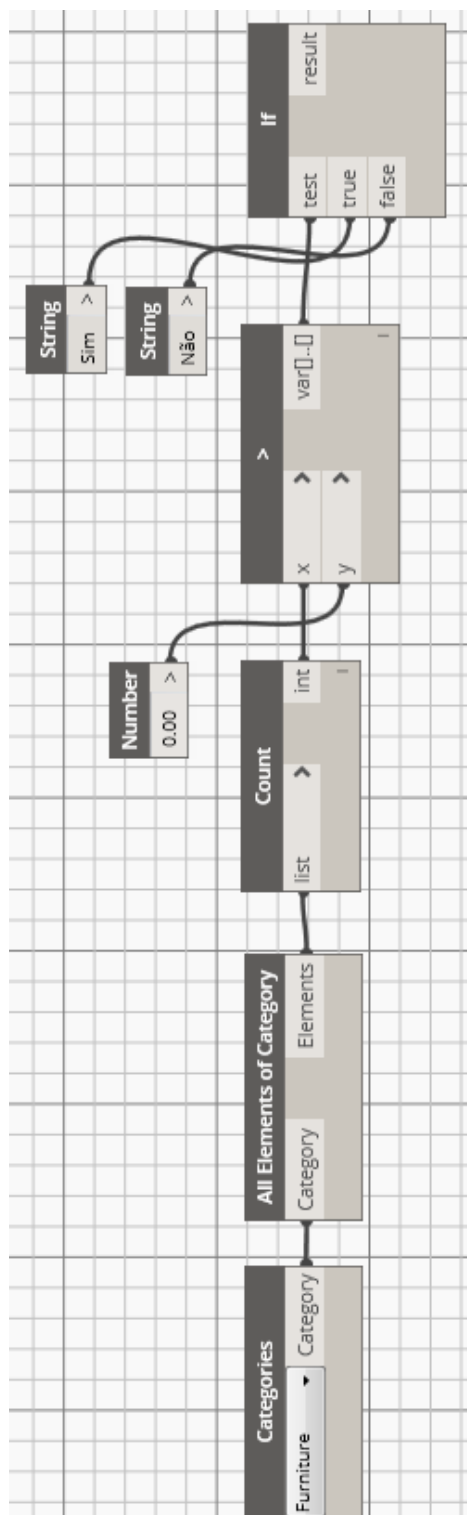


Figura 6.45 – Mobiliário Multifuncional no Dynamo
Fonte: A autora.

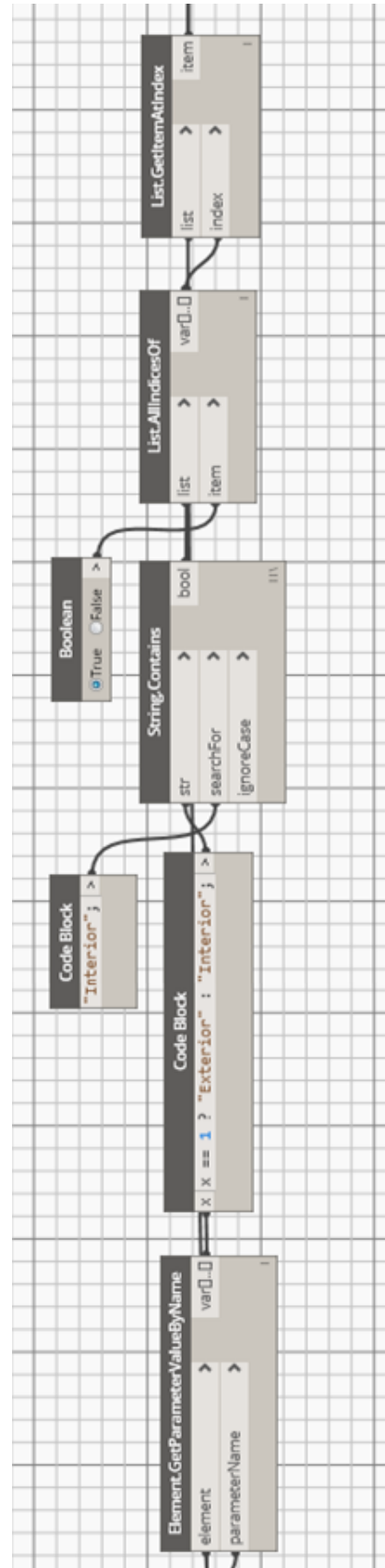
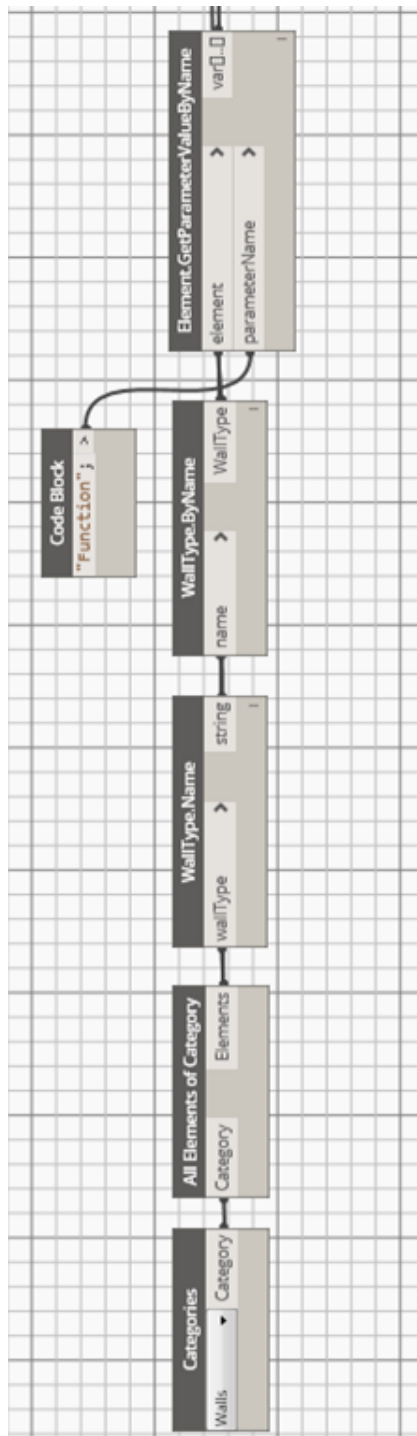


Figura 6.46 – Planta Livre no Dynamo (parte1).
Fonte: A autora.

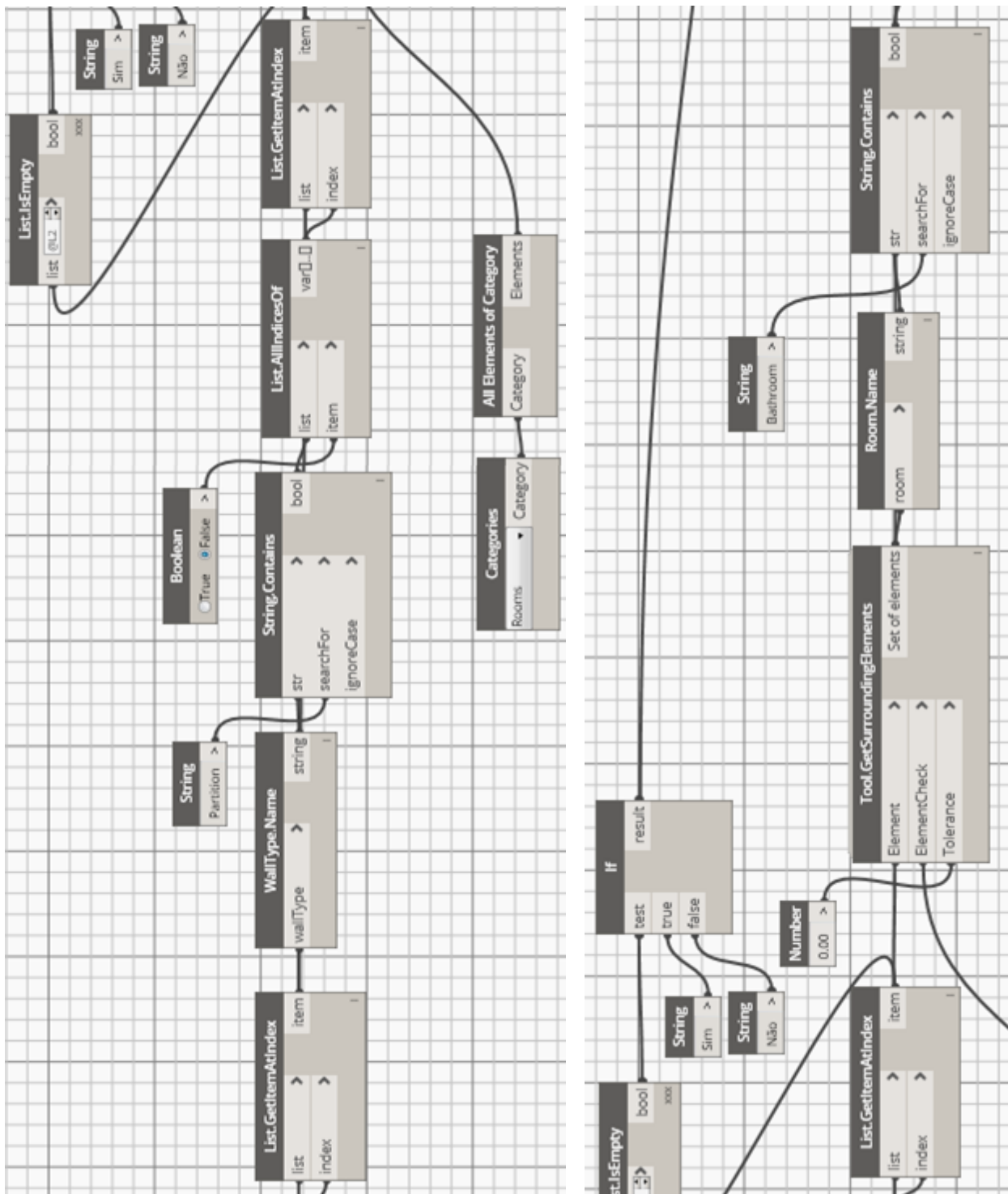


Figura 6.47 – Planta Livre no Dynamo (parte 2).
Fonte: A autora.

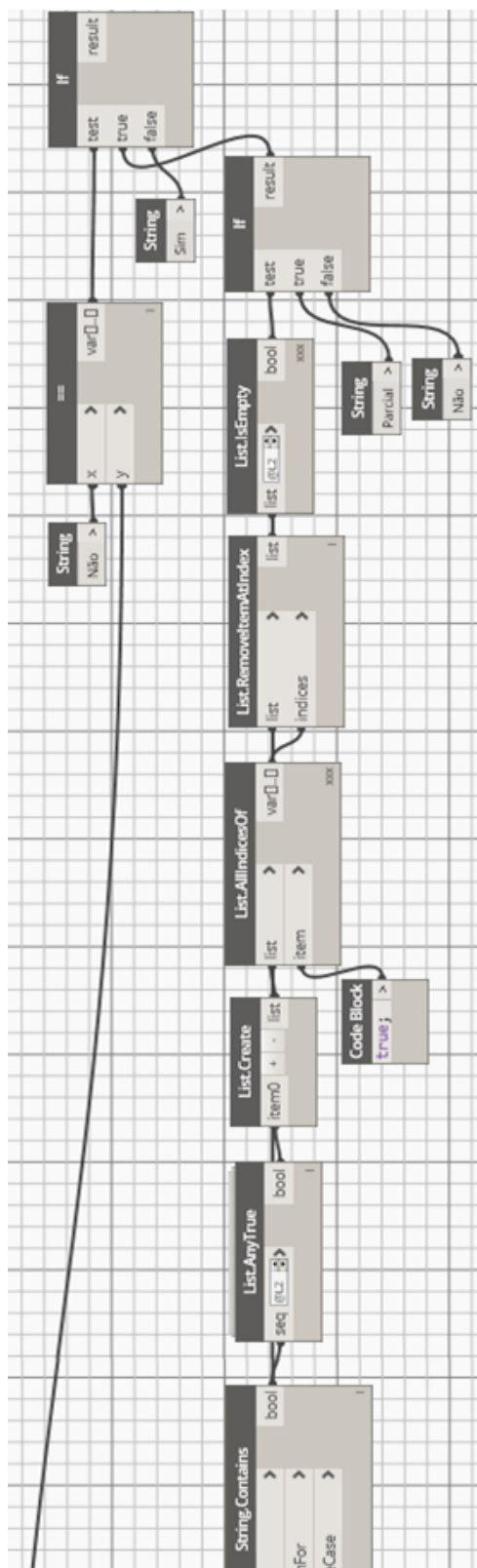


Figura 6.48 – Planta Livre no Dynamo (parte 3).
Fonte: A autora.

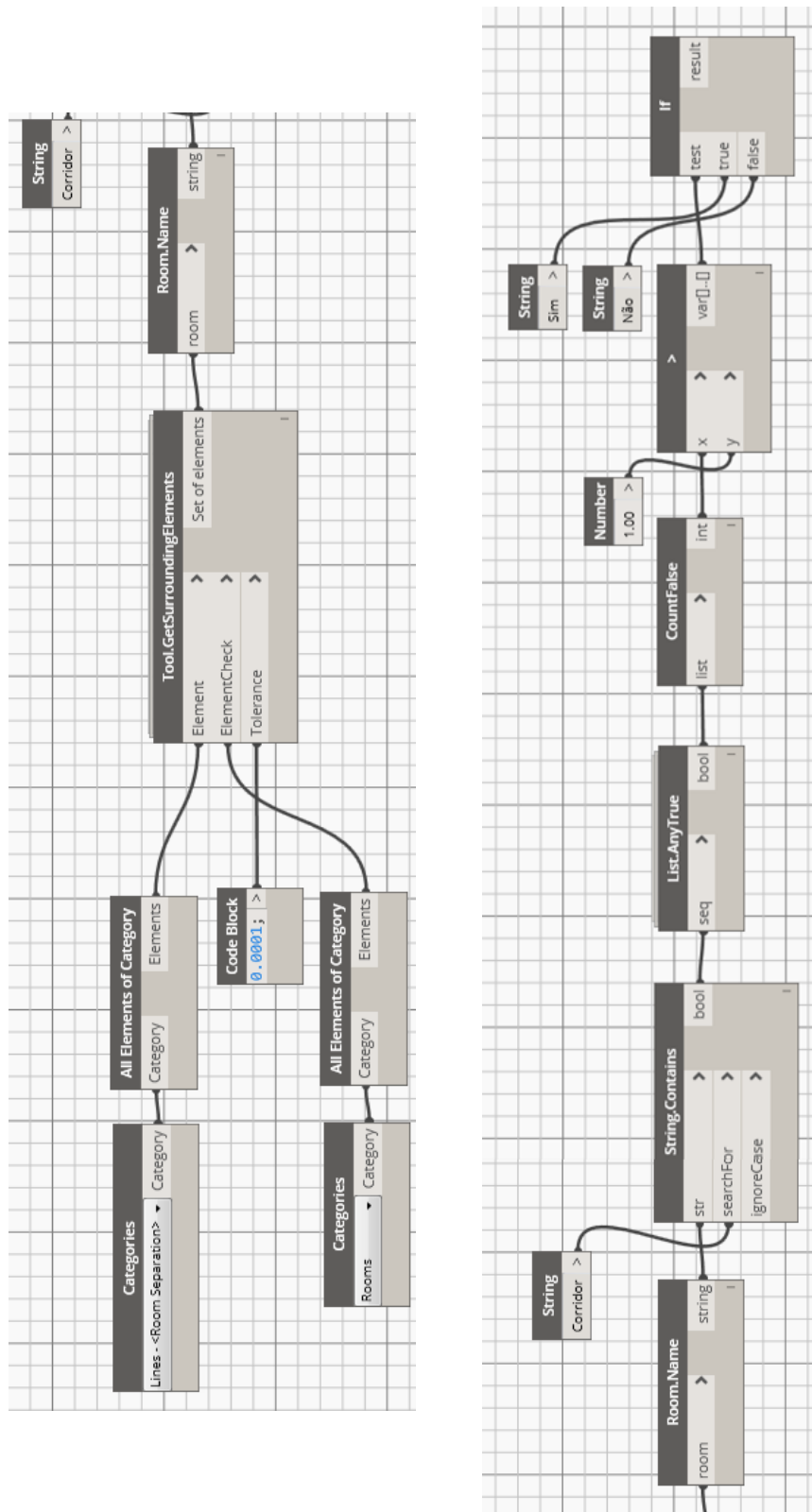


Figura 6.49 – Espaços Multifuncionais no Dynamo.
Fonte: A autora.

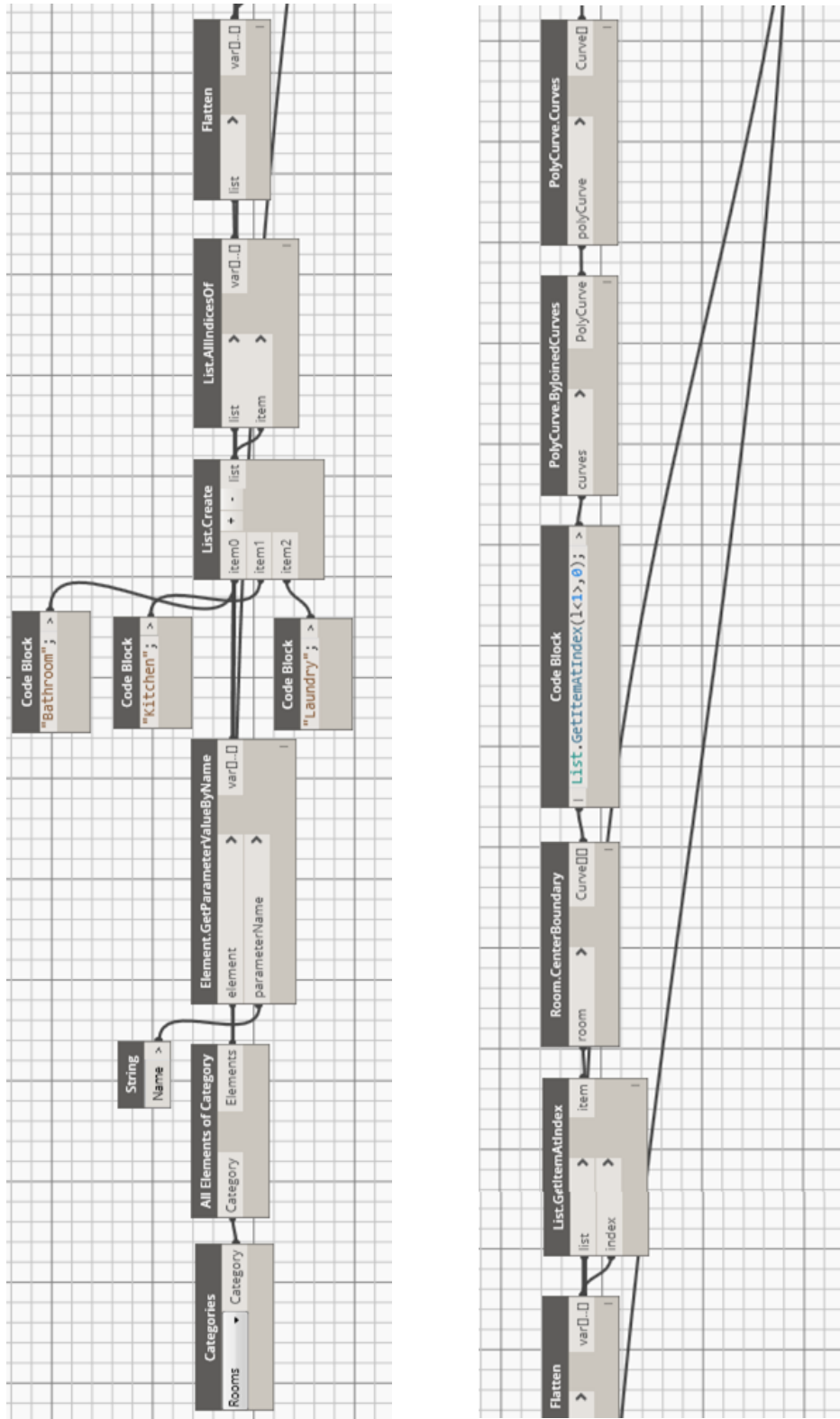


Figura 6.50 – Zona Técnica e de Serviço no Dynamo (parte 1).
Fonte: A autora.

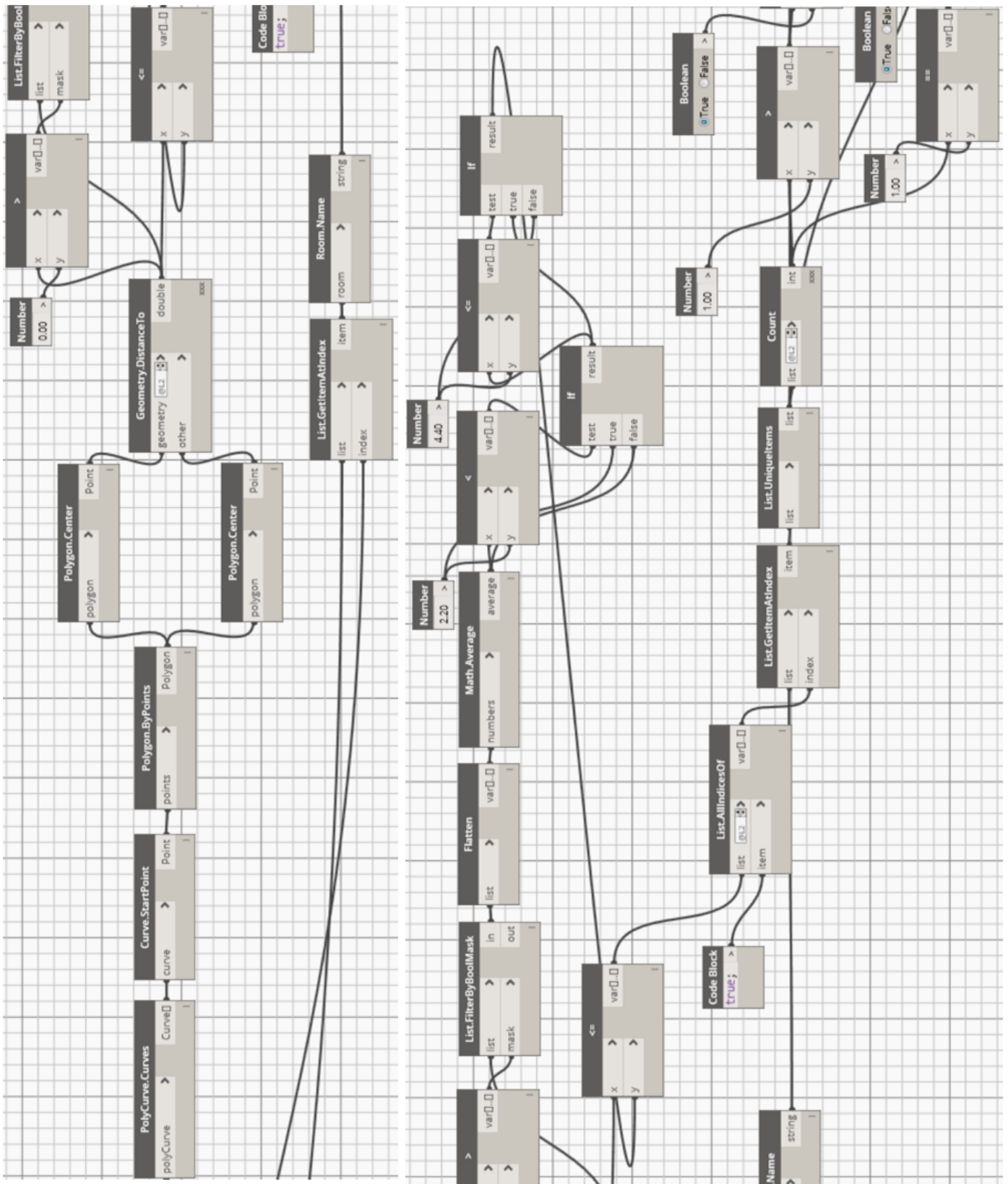


Figura 6.51 – Zona Técnica e de Serviço no Dynamo (parte 2).
Fonte: A autora.

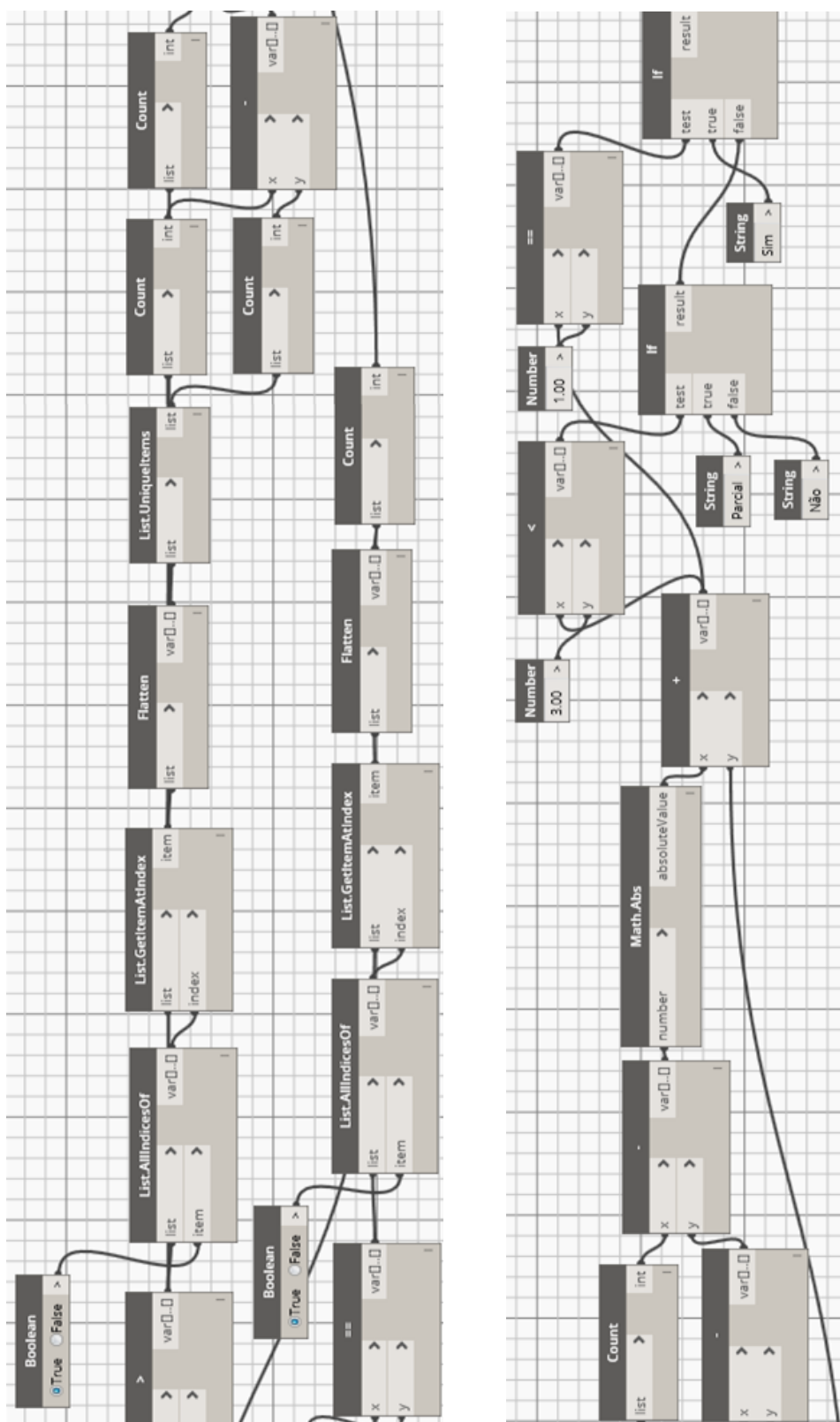


Figura 6.52 – Zona Técnica e de Serviço no Dynamo (parte 3).
Fonte: A autora.

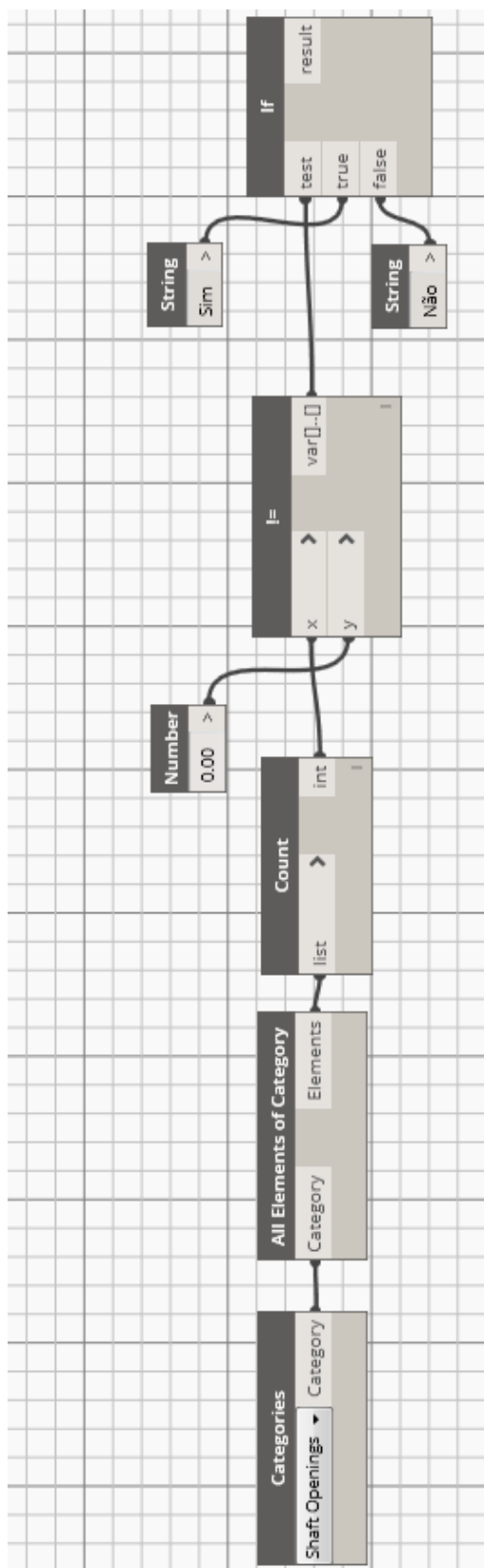


Figura 6.53 – Acesso Manutenção no Dynamo.
Fonte: A autora.

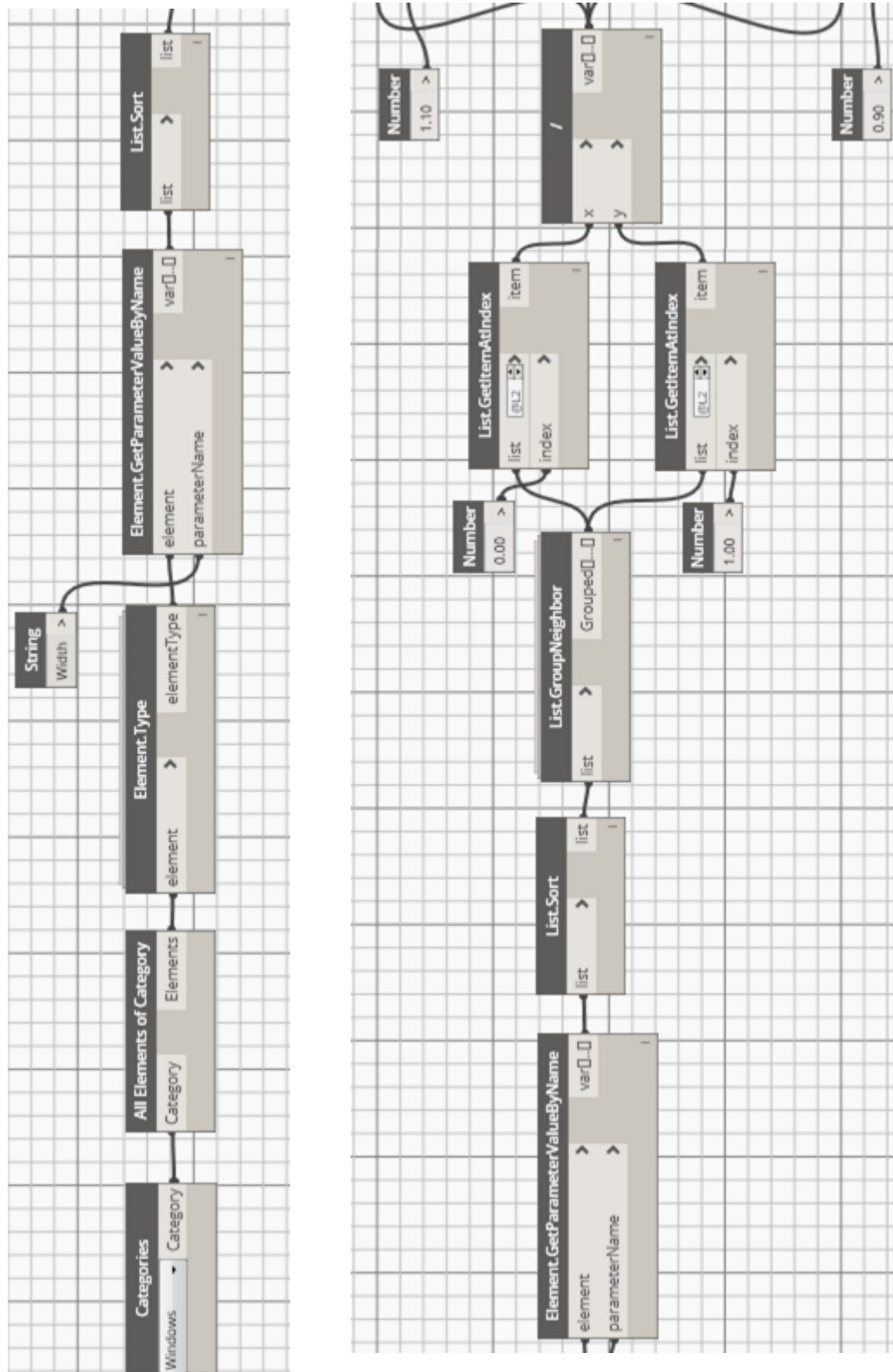


Figura 6.54 – Modularização Janelas no Dynamo (parte 1).
Fonte: A autora.

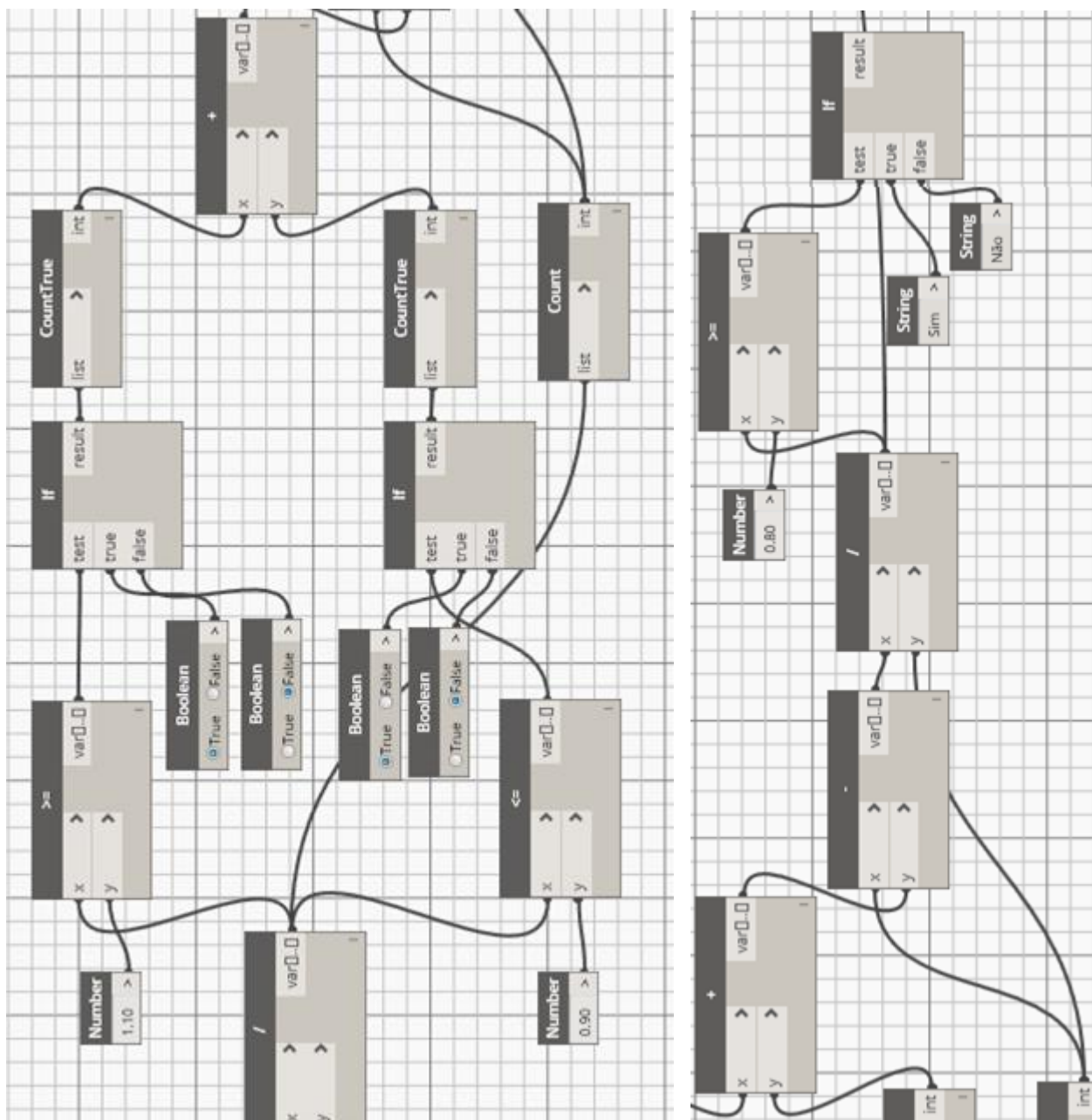


Figura 6.55 – Modularização Janelas noDynamo(parte 2).

Fonte: A autora.

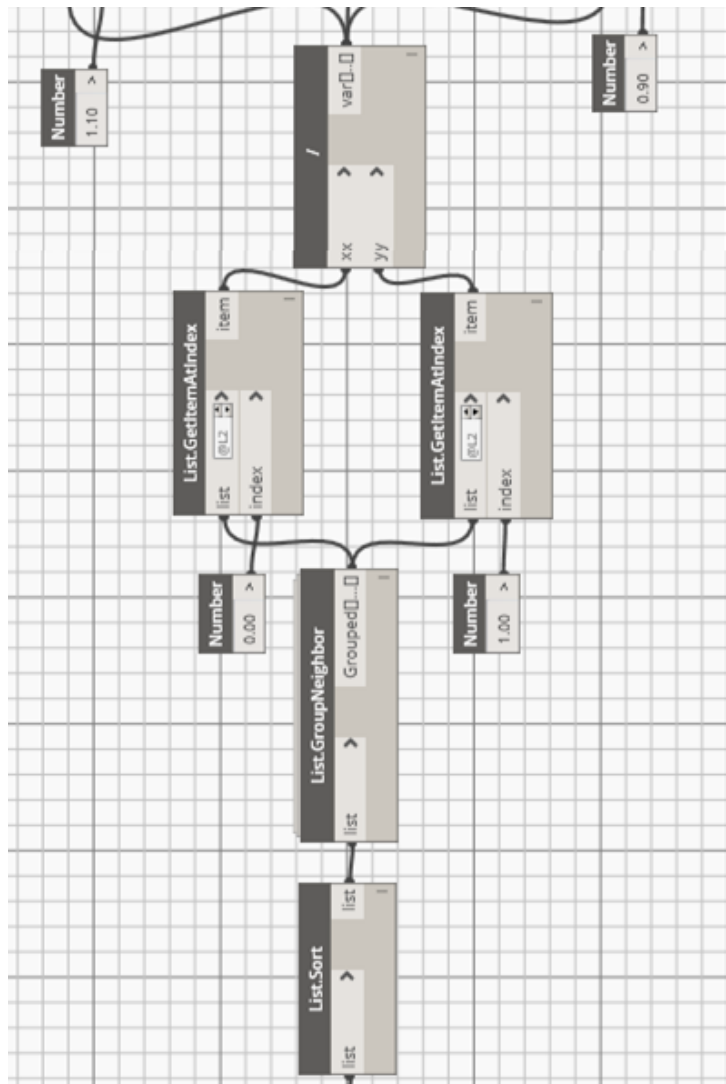
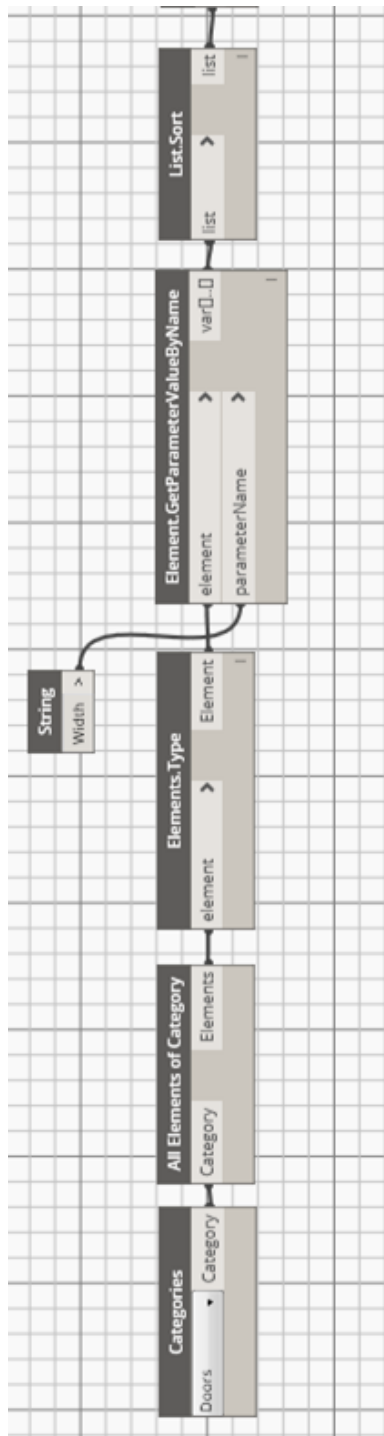


Figura 6.56 – Modularização Portas no Dynamo (parte 1).
Fonte: A autora.

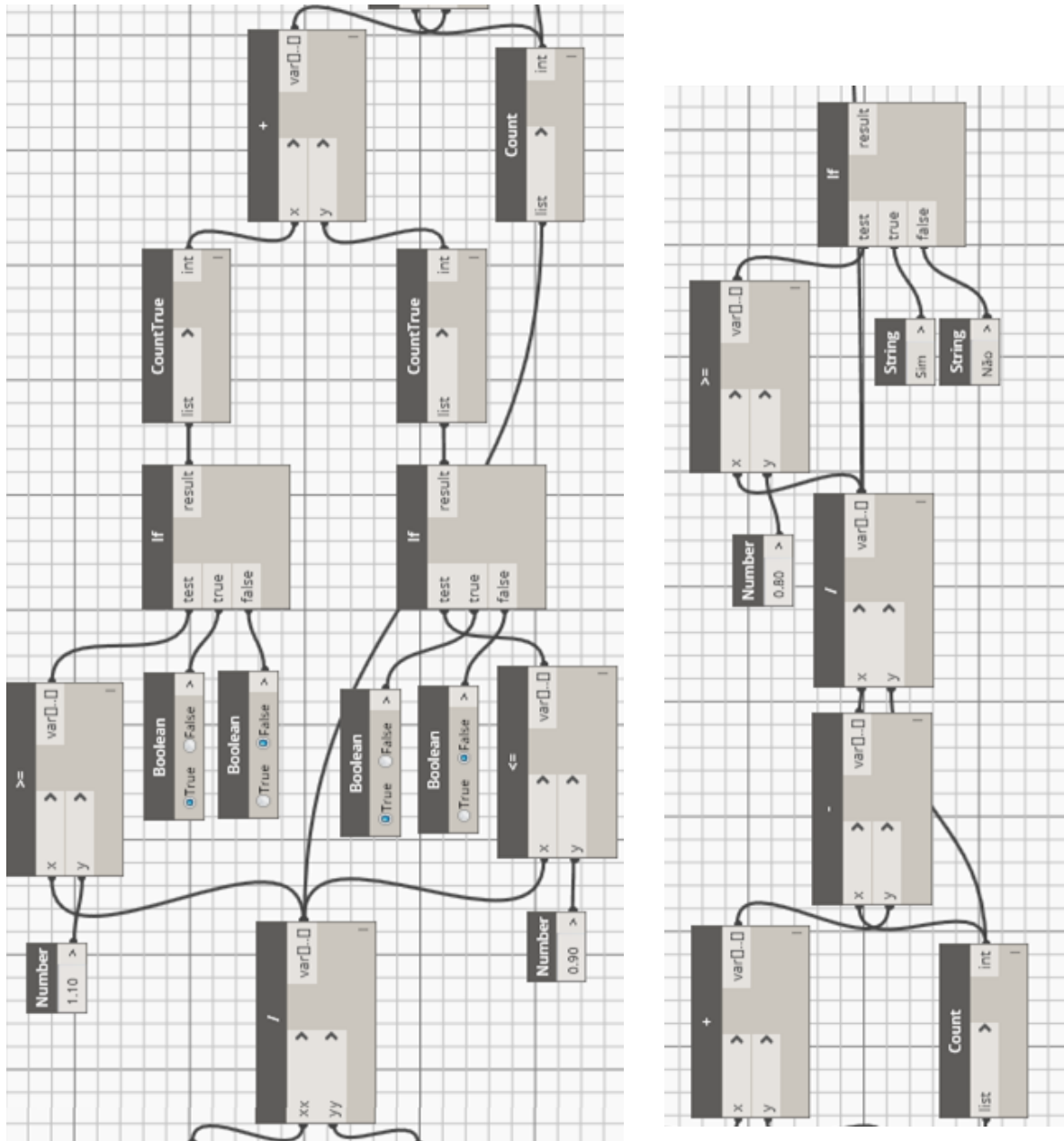


Figura 6.57 – Modularização Portas no Dynamo (parte 2).
Fonte: A autora.

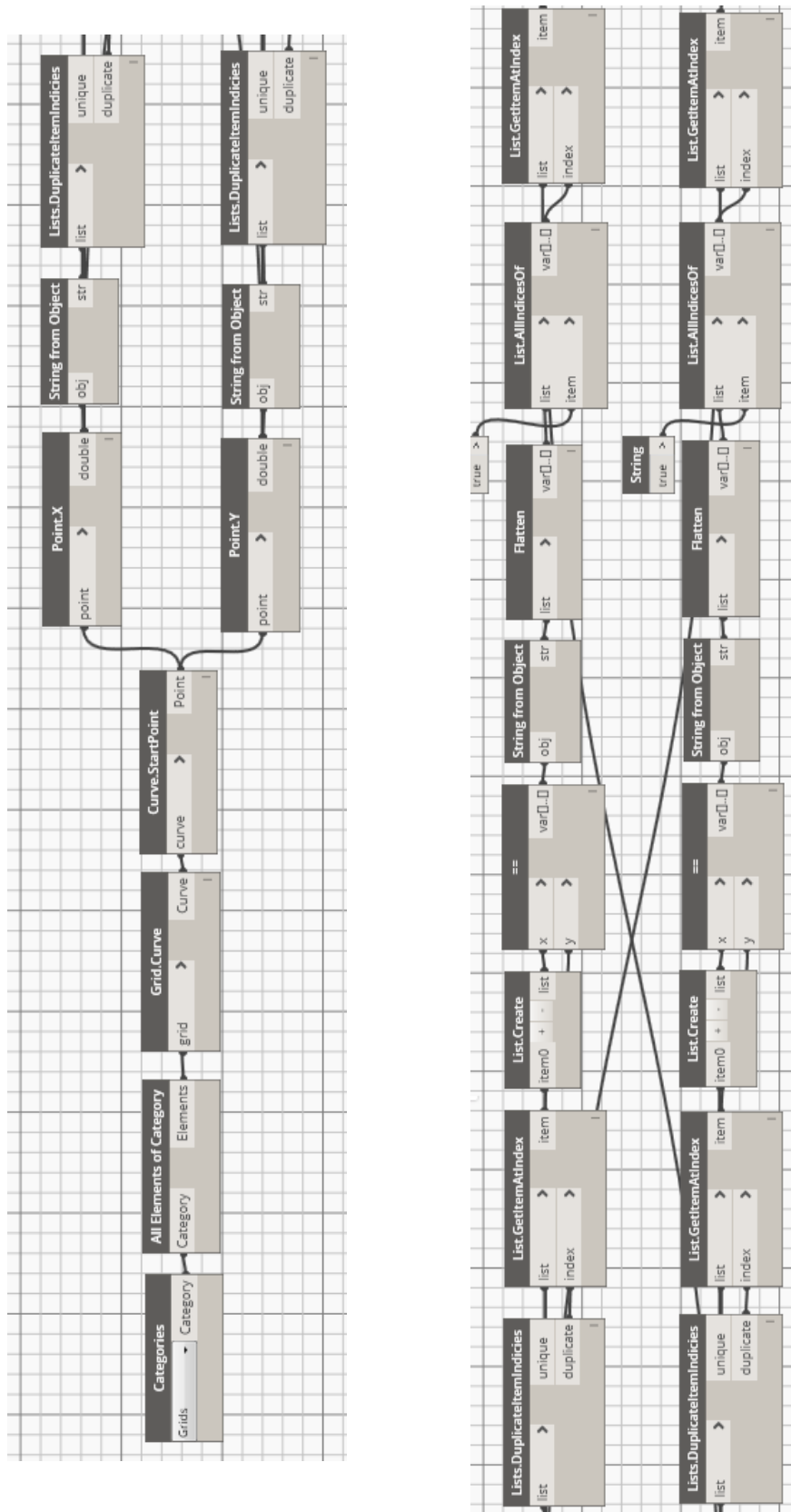


Figura 6.58 – Modularização Paredes no Dynamo (parte 1).
Fonte: A autora.

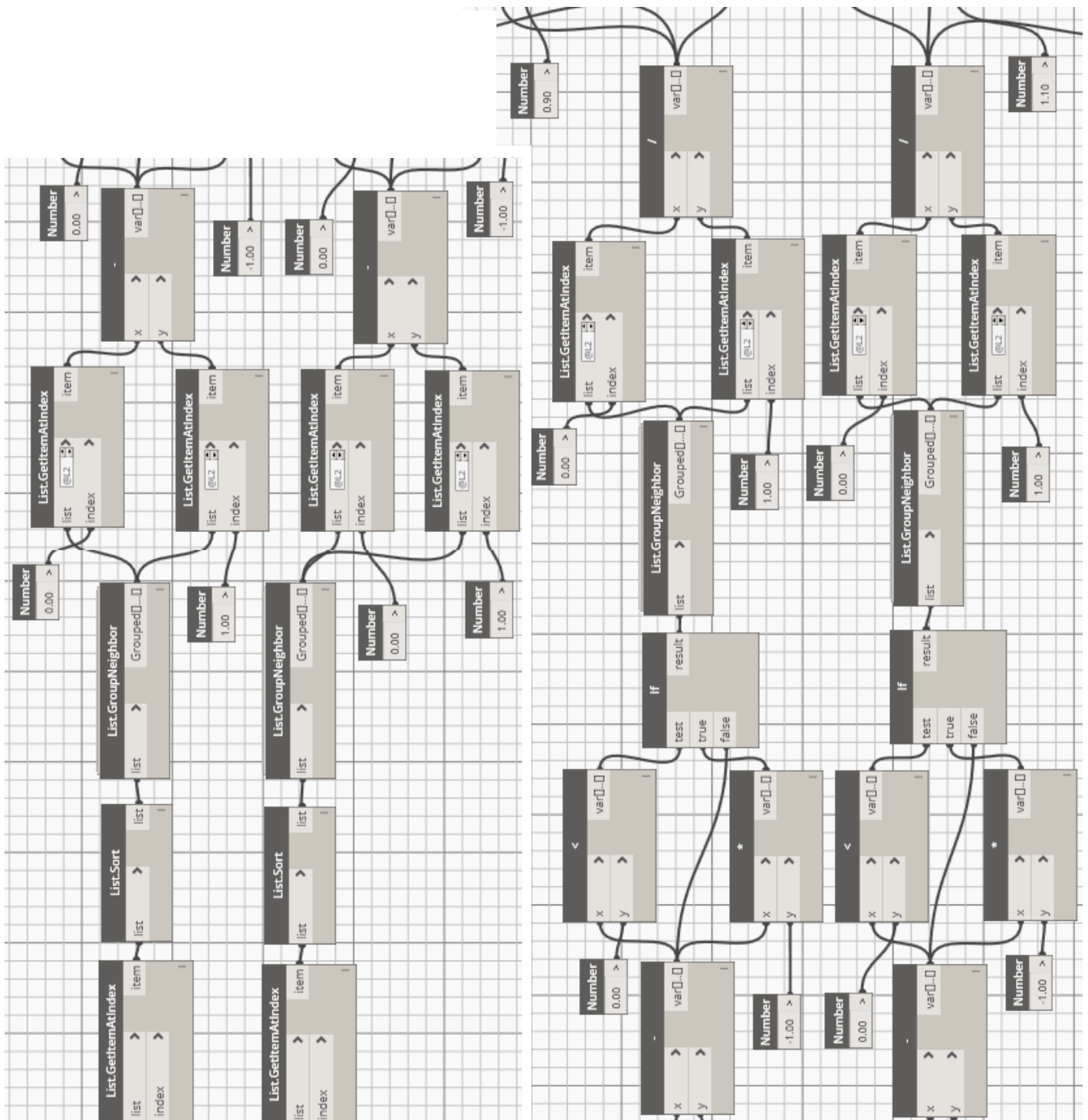


Figura 6.59 – Modularização Paredes no Dynamo (parte 2).
Fonte: A autora.

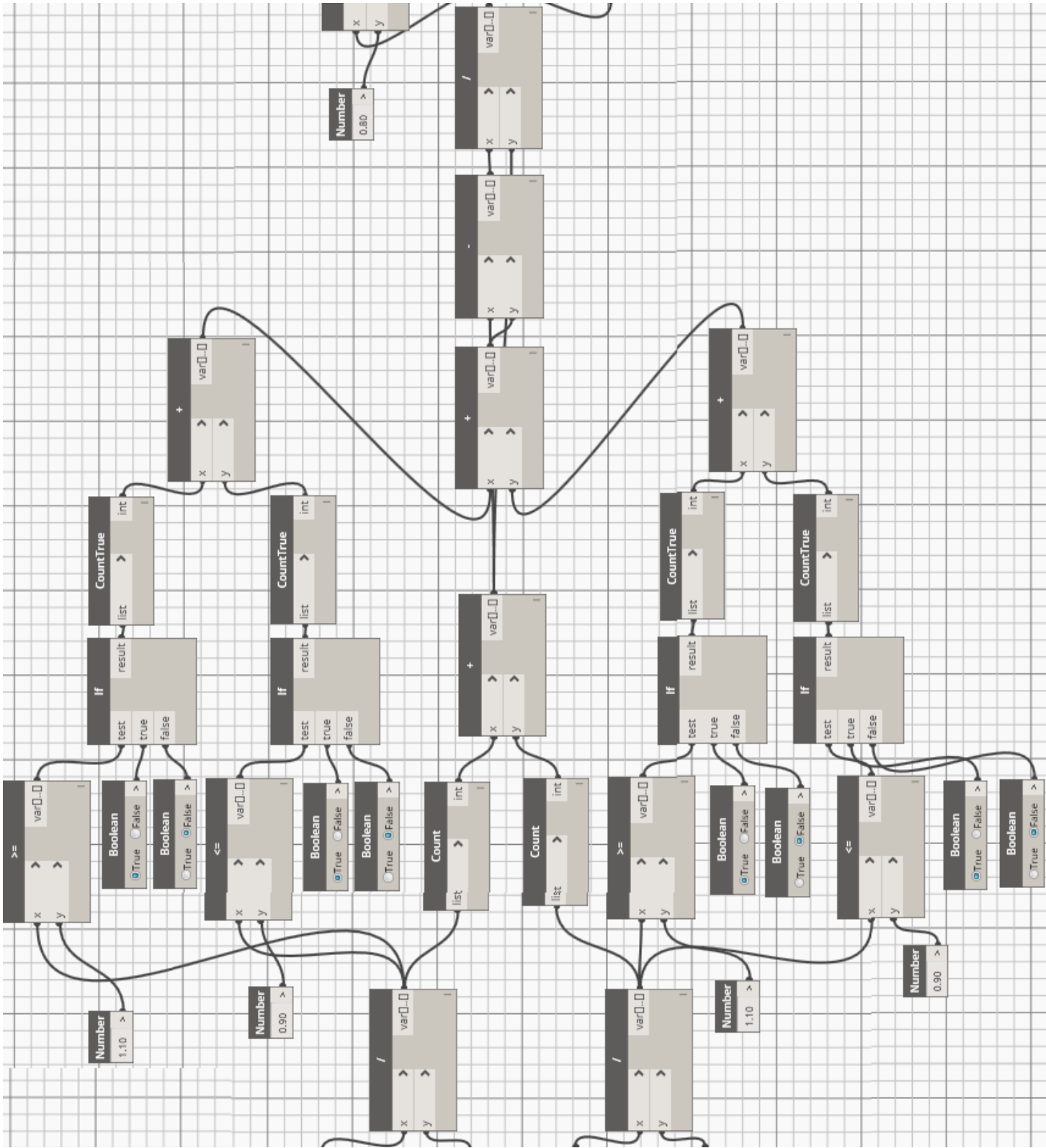


Figura 6.60 – Modularização Paredes no Dynamo (parte 3).

Fonte: A autora.

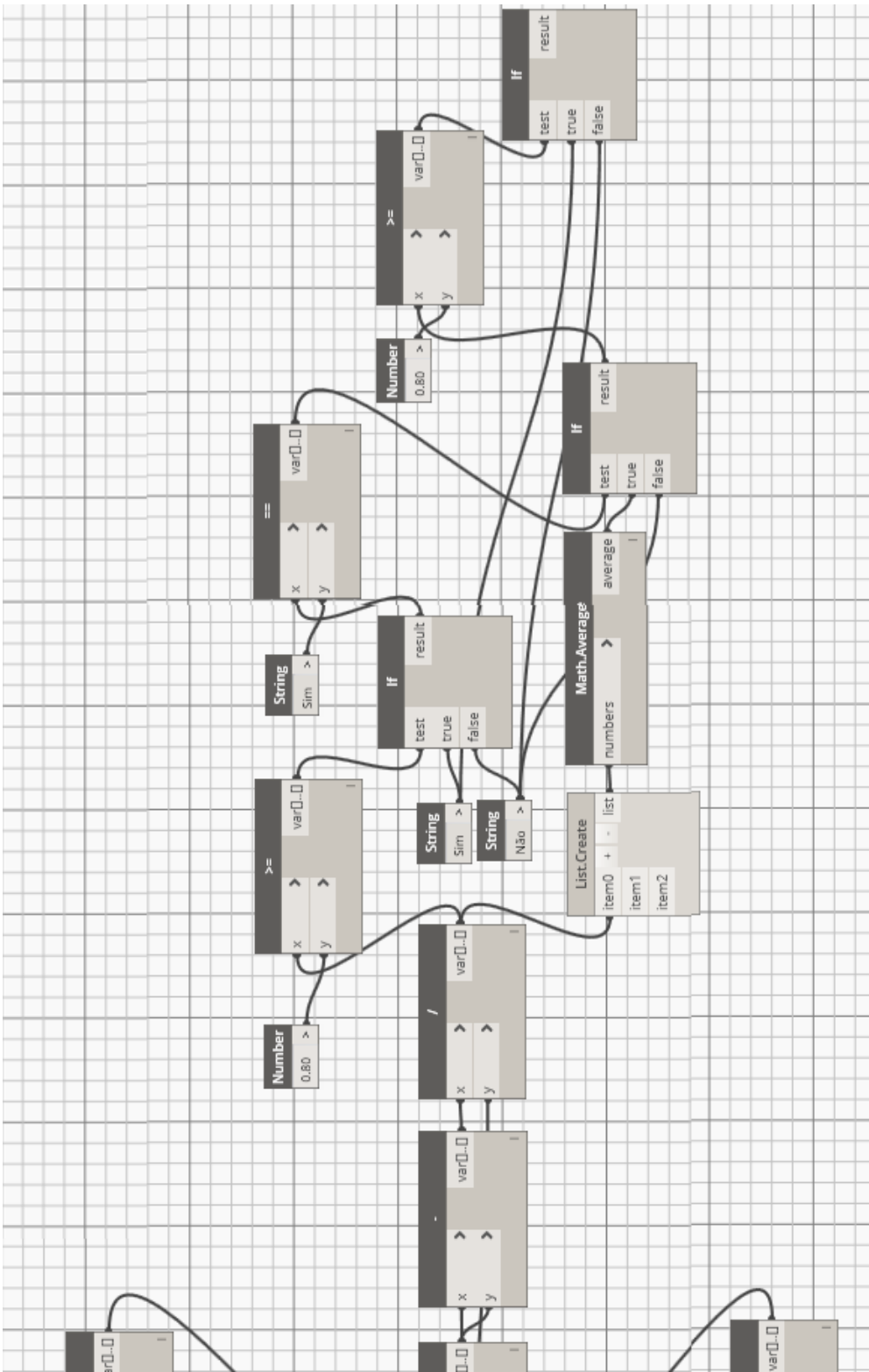


Figura 6.61 – Modularização Paredes no Dynamo (parte 4).

Fonte: A autora.

CAPÍTULO 7

CASOS DE ESTUDO

Para a verificação prática do cálculo dos índices de desempenho, por meio do algoritmo em conjunto com os níveis de importância dos critérios identificados e os atributos dos critérios caracterizados, foram selecionados nove estudos de caso apresentados neste capítulo. Quatro casos de estudo correspondem aos projetos habitacionais multifamiliares reconhecidos mundialmente pela adaptabilidade e/ou flexibilidade, por meio de diferentes elementos de composição e disposição em planta baixa, sendo eles: apartamentos Franklin, Casa de Las Flores, Edifício Prudência e Edifício Dapperbuurt.

Esses projetos foram fundamentais para apuração do desempenho da metodologia desenvolvida, portanto, a seleção possui características variadas que abordem o potencial de transformação da habitação. Os projetos pertencem a épocas diferentes, para que a seleção possua conceitos e aspectos culturais diversificados.

Os outros cinco casos de estudo são habitações multifamiliares correntes, escolhidas para representar habitações presentes no cotidiano urbano, independente da sua qualidade. Três habitações estão localizadas na cidade de Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil, e outras duas estão localizadas na cidade do Porto e Odivelas, Portugal. Além disso, a escolha foi estabelecida pela existência de websites comerciais, que dispusessem os projetos com dimensões técnicas ou escala gráfica.

Os nove casos de estudo estão organizados conforme a data de projeto ou construção, por meio de uma breve apresentação com a localização e projeto, seguido pela análise dos Índices de Adaptabilidade e Flexibilidade e as plantas baixas desenvolvidas no Revit para leitura do Dynamo. Os índices estão identificados em tabelas que apresentam os resultados dos critérios analisados para cada projeto e o resultado para o respectivo índice.

Para padronizar a lacuna de informação em alguns casos de estudo, o pé direito fica estabelecido como 2,80 m para todos os projetos e foram considerados revestimentos cerâmicos somente na zona de serviço, uma vez que não foi possível localizar a informação correta para todos os casos de estudo. Os critérios Expansibilidade (2H), Componentes Layers (2I) e Flexibilidade Componentes (2K) possuem o resultado inserido manualmente, sem derivação direta do algoritmo.



Figura 7.2 – Imagens externas apartamentos Franklin.
Fonte: García; Bajo, 2020.

Os apartamentos (Figura 7.3) possuem cerca de 150 m² com três dormitórios (originalmente um dormitório, uma sala destinada ao fumo e um “boudoir” – quarto privado para as mulheres), uma casa de banho, cozinha, sala de estar, sala de jantar e duas sacadas (Saleiro Filho, 2009). Os cômodos possuem dimensões generosas e organizam-se em torno da sala de estar, produzindo uma simetria parcial em planta. O acesso é realizado tanto pelo acesso de serviço, que está ligado à cozinha e curiosamente possui um lavabo no patamar anterior da escada, como pelo acesso social, que está ligado ao hall. Com exceção do hall, todos os cômodos possuem ventilação e iluminação natural.

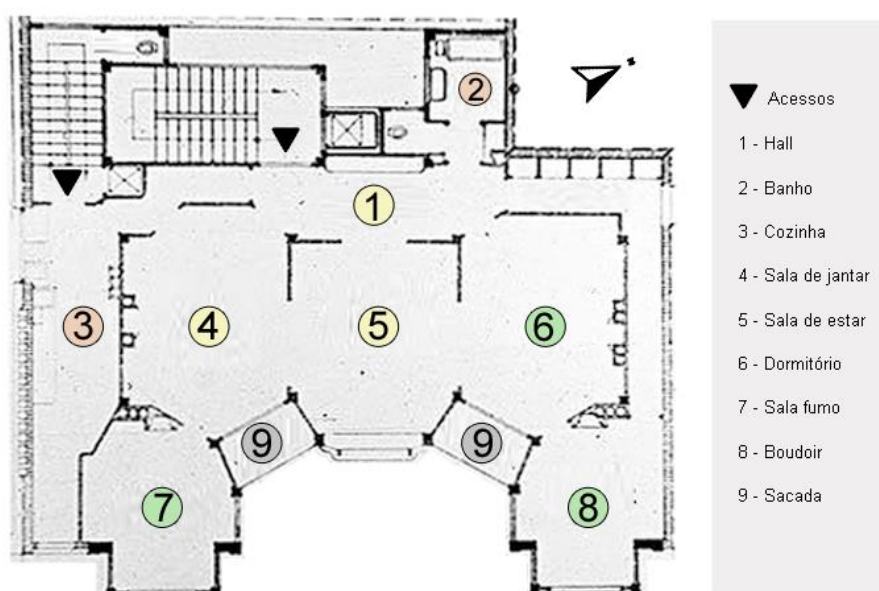


Figura 7.3 – Planta baixa apartamento Franklin. Nomenclatura cores: amarelo – setor social, verde – setor privado, vermelho – setor serviço.
Fonte: Adaptado de UPenn, 2020.

Sua estrutura possui elementos em concreto armado e o projeto destaca-se pelas divisórias internas em madeira, que permitem transformar a organização do apartamento, demonstrando uma primeira ideia de planta livre. Sua organização em torno da sala de estar, com as duas circulações e acessos separados em serviço e social, assim como as dimensões dos espaços e o uso das divisórias, são os elementos determinantes para a inclusão do projeto como caso de estudo.

7.1.2 Análise

Geometricamente o apartamento (Figura 7.4) possui várias quebras na fachada frontal, característica do projeto para a valorização das sacadas e da iluminação natural, e na fachada posterior, como observado pelo resultado de Geometria Paredes da Tabela 7.1.

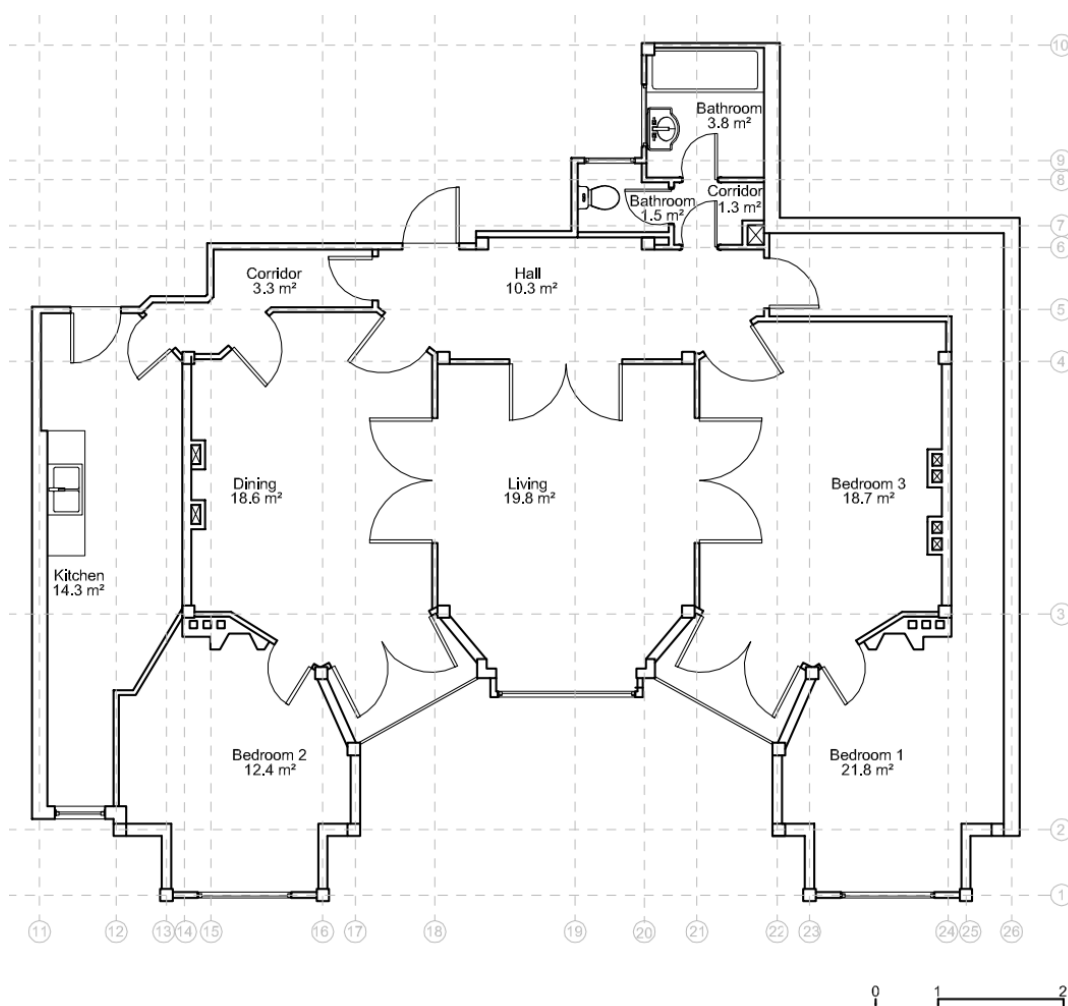


Figura 7.4 – Planta baixa Franklin no Revit.
Fonte: Adaptado de UPenn, 2020.

Esses recortes espelham o formato dos dormitórios frontais, difíceis de serem organizados internamente. A partir dos usos originais, sala de fumo e boudoir, o mobiliário básico de cadeiras, mesas e arrumos é mais simples de encaixar no formato, provável conceito do arquiteto para a escolha. Porém, em específico para dormitórios, a inclusão de uma cama, por exemplo, restringe as opções.

Apesar da forma, no geral, o apartamento é compacto (Geometria Compacto), o que pode ser notado pelas dimensões próximas quando circunscrito um quadrilátero. Existem duas circulações, a circulação de serviço, que conecta a cozinha à sala de jantar e ao Hall e a circulação anterior à casa de banho. As duas circulações são relativamente pequenas (Circulação Área), porém estão posicionadas em uma extremidade da planta (Circulação Tipo), o que restringe sua funcionalidade ao conectar somente alguns ambientes.

A relação entre área útil e construída é positiva, pela quantidade alta de divisórias com pouca espessura (praticamente todas as vedações internas são divisórias) que aumentam o espaço útil de cada cômodo. Apesar de haver algumas áreas semelhantes, os cômodos possuem uma hierarquização moderada, apresentando diferença nas áreas frias, no hall e para um dos dormitórios. As áreas frias estão proporcionalmente adequadas, principalmente pelo fato de haver somente uma casa de banho e não existir lavanderia, o que compensa as dimensões que eles ocupam.

Ainda que as áreas frias ocupem significativamente o projeto, a separação da sanita da casa de banho aumenta a quantidade de paredes que possuem instalações hidrossanitárias (Apoio), no total três paredes (sanita, casa de banho e cozinha), por isso, a classificação é mediana. A dimensão das janelas é apropriada, considerando-se apenas a relação com o mobiliário. O apartamento possui dois acessos, um social e um de serviço, o que aumenta adaptabilidade do projeto, mas, como desvantagem, estão descentralizadas o que exige circulações. A estrutura é relativamente modularizada alterando-se principalmente para suportar a fachada com formato irregular.

No referente aos critérios estratégias (Tabela 7.2), o projeto possui dois “agrupamentos” de instalações hidrossanitárias, um composto somente pela cozinha e outro pela casa de banho, o que configura um zoneamento de serviços parcial nas

extremidades da habitação. Além disso, existem “Shafts” (Coretes) que possibilitam o acesso para manutenções do subsistema.

Apesar do uso das divisórias em madeira, com exceção da casa de banho e das paredes dos “Shafts” (Coretes), que são fixas, o apartamento não é considerado planta livre. Ao observar o projeto em seu estado original, não existem espaços indeterminados ou multifuncionais, nem outras estratégias de flexibilidade. Entretanto, devido ao potencial de adaptabilidade, o projeto pode ser adaptado e podem ser implementadas estratégias de flexibilidade que não são aplicados no momento, como mobiliários multifuncionais, componentes e a integração de ambientes.

Como análise geral, o apartamento Franklin se enquadra com boa capacidade de adaptação e baixa flexibilidade. Apesar da sua forma “recortada”, seus espaços generosos e o uso de divisórias permitem a transformação da habitação. O benefício dos acessos independentes para a organização dos ambientes seria melhor compensado se houvesse somente uma zona de serviço, porém, a residência atende propostas de modificação.

Tabela 7.1 – Critérios construção apartamento Franklin.

Franklin							
	1A	1A	1B	1B	1C	1D	1D
Critério	Geometria Paredes	Geometria Compacto	Circulação Área	Circulação Tipo	Área Útil/Constr.	Hierarquia	Proporção Usos
Resultado	41,00	1,15	0,04	0,50	0,88	0,54	0,16
Pontuação	Ruim	Bom	Bom	Ruim	Bom	Médio	Bom
Classificação	2		2		3		2,5
Condição	11,00%		9,49%		8,32%		10,05%
Importância	0,22		0,19		0,25		0,25
	1E	1F	1G	1H	1I	1J	1K
Critério	Pé-direito	Apoio	Estrutura	Vedação vertical	Aberturas	Acessos	Revestimentos
Pontuação	2,80	3,00	0,17	0,31	0,11	0,58	0,00
Classificação	Bom	Médio	Médio	Médio	Bom	Médio	Bom
Condição	3	2	2	2	3	2	3
Importância	8,95%	8,20%	9,31%	8,75%	8,97%	9,44%	7,46%
Desempenho	0,27	0,16	0,19	0,17	0,27	0,19	0,22
Índice de Adaptabilidade 2,39							

Fonte: A autora.

Tabela 7.2 – Critérios estratégias apartamento Franklin.

Franklin					
	2A	2B	2C	2D	2F
Critério	Espaços Indeterminados	Modularidade	Mobiliário Multifuncional	Espaços multifuncionais	Planta Livre
Classificação	Não	Não	Não	Não	Não
Condição	0	0	0	0	0
Importância	8,80%	10,40%	10,31%	10,92%	10,79%
Desempenho	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	2G	2H	2I	2J	2K
Critério	Zona técnica e de serviços	Expansibilidade	Componentes Layers	Acesso Manutenção	Flexibilidade de componentes
Classificação	Parcial	Não	Não	Sim	Não
Condição	0,5	0	0	1	0
Importância	9,04%	10,28%	9,15%	10,53%	9,78%
Desempenho	0,05	0,00	0,00	0,11	0,00
Índice de Flexibilidade 0,15					

Fonte: A autora.

7.2 Casa de Las Flores

7.2.1 Apresentação

Localizado em Madri, na quadra formada pela Calle de Hilarión Eslava e Calle de Rodríguez San Pedro (Figura 7.5), a Casa de Las Flores foi projetada pelo arquiteto Secundino Zuazo e teve sua construção finalizada no ano de 1932. Com cinco pavimentos, o edifício é dividido em dez blocos de alvenaria estrutural, organizados em torno de um jardim central, totalizando 288 apartamentos. Seguindo o urbanismo racionalista da época, a edificação destaca-se pelo tratamento dos materiais nas fachadas (Figura 7.6), as grandes varandas e o cuidado na iluminação e ventilação natural (Fundacion Docomomo, 2019).

Inicialmente com caráter social, o edifício foi construído com recursos públicos, porém, após a Guerra Civil Espanhola, os apartamentos foram alugados por militares, professores e servidores públicos do novo regime. Posteriormente, a edificação tornou-se parte de um dos distritos comerciais e residenciais mais caros de Madri, o que modificou a natureza dos seus residentes para classe média (Montellano, 2015). O edifício teve como célebre residente o poeta Pablo Neruda e durante a Guerra Civil foi bombardeado por estar localizado em frente ao campo de batalha (Prada, 2005).



Figura 7.5 – Localização Casa de Las Flores.

Fonte: Google Maps, 2020.



Figura 7.6 – Imagens externas Casa de Las Flores.
Fonte: Heine, 2020.

Os apartamentos variam entre 88m² e 103 m², como visto na Figura 7.7. Para o caso de estudo foi selecionado um dos apartamentos dos seis blocos centrais, o qual é composto de quatro dormitórios, uma casa de banho, vestíbulo, sala de jantar e cozinha. Todos os ambientes possuem iluminação e ventilação natural.

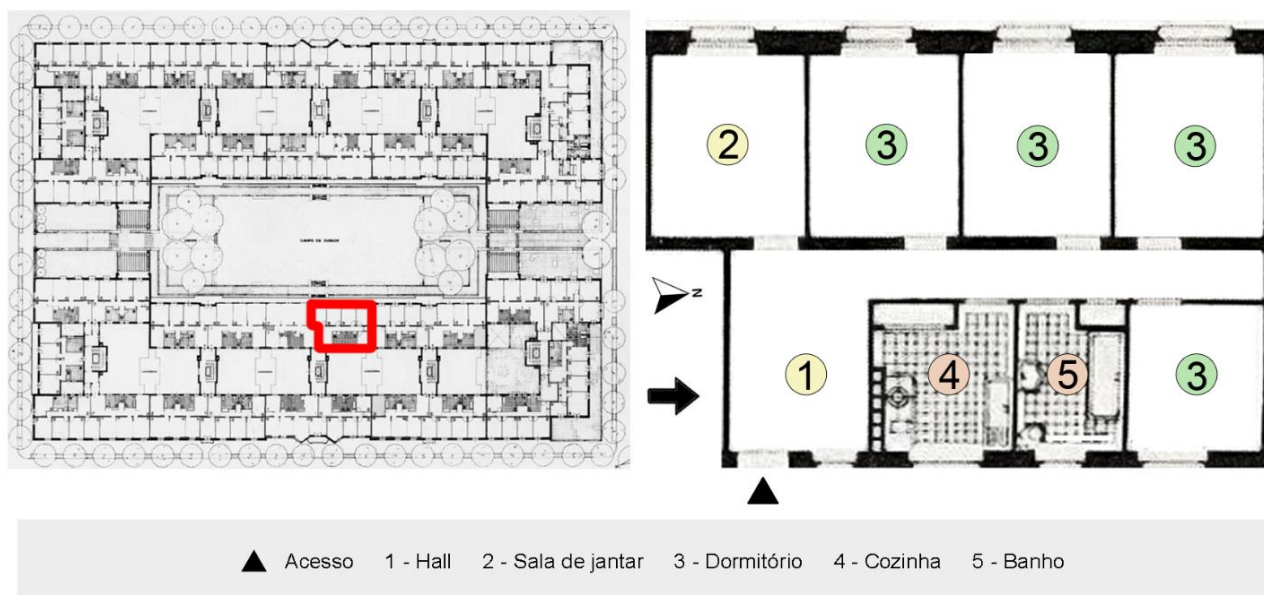


Figura 7.7 – Planta baixa Casa de Las Flores. Nomenclatura cores: amarelo – setor social, verde – setor privado, vermelho – setor serviço.
Fonte: Adaptado de Marco et al., 2003.

A escolha do apartamento deve-se ao fato da variabilidade de uso tanto como residência quanto comércio (Montellano, 2015). Seus espaços foram modificados e plenamente utilizados pelos residentes nas mais diferentes formas possíveis.

7.2.2 Análise

Com um formato bem homogêneo, o apartamento possui a forma retangular alongado e somente um recorte (Figura 7.8), contudo não é possível afirmar que seja compacto. Na Tabela 7.3 nota-se que o formato retangular induz a existência de uma circulação igualmente alongada, que organiza a distribuição, normalmente no sentido longitudinal, como constatado no projeto. A circulação é bem centralizada e com área mediana quando comparada com outros cômodos.

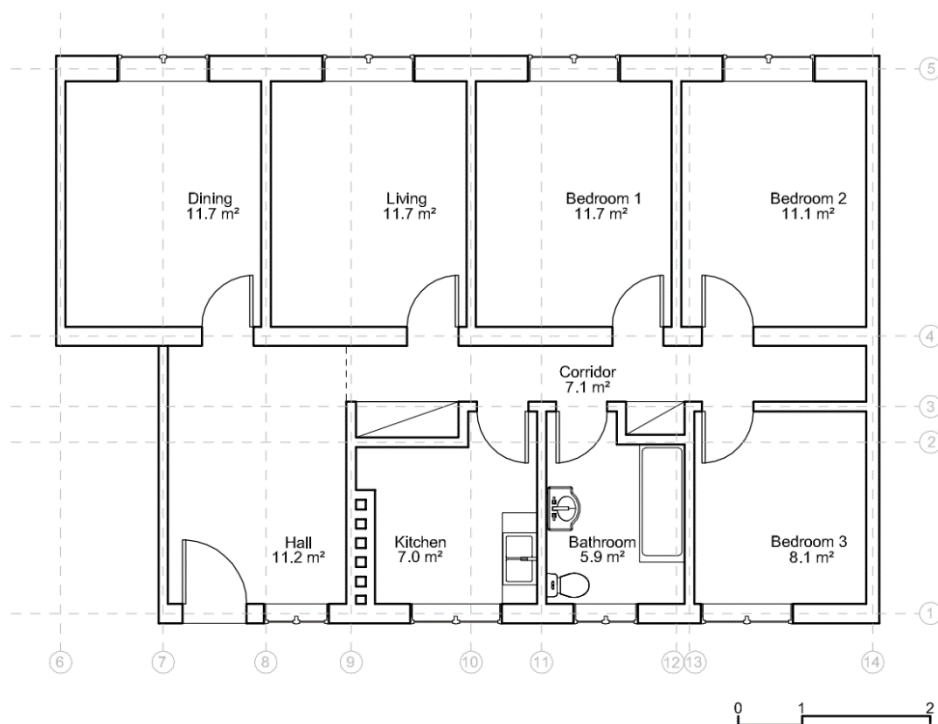


Figura 7.8 – Planta baixa Casa de Las Flores no Revit.

Fonte: Adaptado de Marco et al., 2003.

De fato, todos os cômodos são separados por paredes, não havendo uso de divisórias, que normalmente são menos espessas, o que eleva a área construída e reduz a área útil. Como a lavanderia é compartilhada e exterior ao apartamento, as áreas de serviço, cozinha e casa de banho, não ocupam uma considerável parte do apartamento, inclusive com tubulações. O destaque é a reduzida hierarquia dos

espaços, que possuem áreas semelhantes. O hall, por exemplo, poderá servir facilmente com outro uso, devido às suas proporções equivalentes com as áreas sociais/privadas.

Entretanto, o único acesso localizado na extremidade da planta limita parcialmente o que pode ser adaptado. As janelas, que não ocupam as fachadas totalmente, promovem a distribuição do mobiliário e a aplicação de outros usos. A maior restrição é a alvenaria estrutural, concentrada na porção longitudinal do projeto.

Para os critérios estratégias (Tabela 7.4), no projeto existe a vantagem de possuir somente uma casa de banho e a cozinha, posicionados lado a lado, de modo que as instalações permaneçam todas concentradas em um único lugar. Foram utilizados “Shafts” (Coretes) para acesso à manutenção. No caso, pelas dimensões favoráveis que a habitação apresenta, o apartamento é adaptável com divisórias no sentido vertical (as paredes horizontais são todas estruturais) e os espaços são incorporados com múltiplas atividades.

O resultado dos índices de adaptabilidade e flexibilidade confirmam o exposto na pesquisa de Montellano (2015). A Casa de Las Flores pode abrigar, além do uso residencial, estabelecimentos comerciais e de serviços, devido ao potencial de adaptabilidade presente no projeto. Sua forma simples, com baixa hierarquização dos compartimentos e a concentração de uma zona de serviço, tornam o apartamento apto para modificação. O maior entrave é a estrutura, caso não fosse parcialmente em alvenaria estrutural, permitiria mais opções de organização.

Tabela 7.3 – Critérios construção Casa de Las Flores.

Casa de Las Flores							
	1A	1A	1B	1B	1C	1D	1D
Critério	Geometria Paredes	Geometria Compacto	Circulação Área	Circulação Tipo	Área Útil/Constr.	Hierarquia	Proporção Usos
Pontuação	6,00	1,49	0,10	0,75	0,81	0,83	0,15
Classificação	Bom	Ruim	Médio	Bom	Médio	Bom	Bom
Condição	2		2,5		2		3
Importância	11,00%		9,49%		8,32%		10,05%
Desempenho	0,22		0,24		0,17		0,30
	1E	1F	1G	1H	1I	1J	1K
Critério	Pé-direito	Apoio	Estrutura	Vedação vertical	Aberturas	Acessos	Revestimentos
Pontuação	2,80	2,00	0,50	0,00	0,25	0,31	0,00
Classificação	Bom	Bom	Ruim	Ruim	Bom	Ruim	Bom
Condição	3	3	1	1	3	1	3
Importância	8,95%	8,20%	9,31%	8,75%	8,97%	9,44%	7,46%
Desempenho	0,27	0,25	0,09	0,09	0,27	0,09	0,22
Índice de Adaptabilidade 2,21							

Fonte: A autora.

Tabela 7.4 – Critérios estratégias Casa de Las Flores.

Casa de Las Flores					
	2A	2B	2C	2D	2F
Critério	Espaços Indeterminados	Modularidade	Mobiliário Multifuncional	Espaços multifuncionais	Planta Livre
Classificação	Não	Não	Não	Não	Não
Condição	0	0	0	0	0
Importância	8,80%	10,40%	10,31%	10,92%	10,79%
Desempenho	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	2G	2H	2I	2J	2K
Critério	Zona técnica e de serviços	Expansibilidade	Componentes Layers	Acesso Manutenção	Flexibilidade de componentes
Classificação	Sim	Não	Não	Sim	Não
Condição	1	0	0	1	0
Importância	9,04%	10,28%	9,15%	10,53%	9,78%
Desempenho	0,09	0,00	0,00	0,11	0,00
Índice de Flexibilidade 0,20					

Fonte: A autora.

7.3 Edifício Prudência

7.3.1 Apresentação

Localizado em São Paulo na Avenida Higienópolis (Figura 7.9), o edifício concebido em 1944 pelo arquiteto Rino Levi possui 38 apartamentos com 350 m² (Saleiro Filho, 2009). Distribuídos em doze pavimentos e duas coberturas, o edifício, sob pilotis, possui jardins e azulejos desenhados pelo paisagista Burle Marx (Figura 7.10). Desenhado sob os princípios de planta livre, o apartamento caracteriza-se pela divisão entre um núcleo de serviços e outro núcleo “livre”, onde os espaços podem ser definidos por meio de divisórias leves e arrumos (Jorge, 2012).



Figura 7.9 – Localização edifício Prudência.

Fonte: Google Maps, 2020.



Figura 7.10 – Imagens externas edifício Prudência.

Fonte: Kon, 2010; Schmidt, 2019.

Para o estudo de caso optou-se por uma das opções sugeridas por Rino Levi, a qual foi mais adotada na configuração do apartamento, conforme Figura 7.11. O programa constitui-se de seis dormitórios (sendo dois deles dormitórios de serviço), três casas de banho, sala de estar, sala de jantar, cozinha, lavanderia, depósito e

varanda. Com exceção de uma casa de banho, que é ventilada pela lavanderia, o depósito e o vestíbulo, todos os cômodos possuem iluminação e ventilação natural.

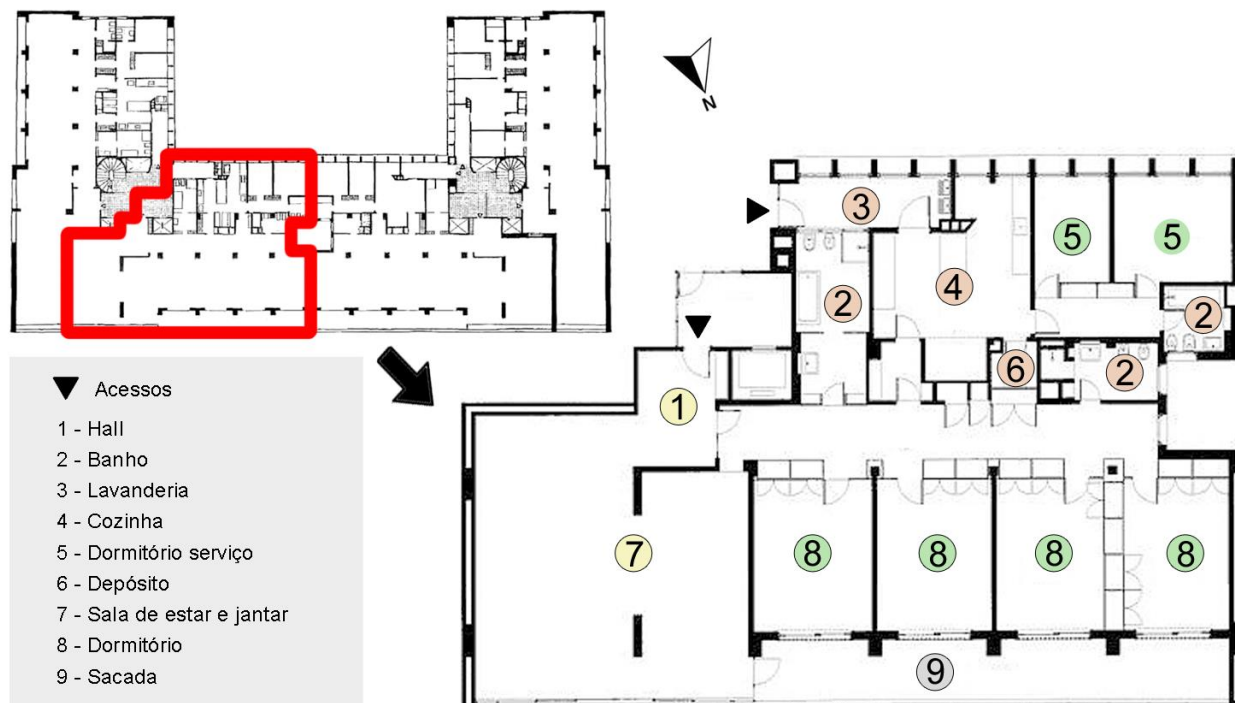


Figura 7.11 – Planta baixa apartamento edifício Prudência. Nomenclatura cores: amarelo – setor social, verde – setor privado, vermelho – setor serviço.

Fonte: Adaptado de Xavier et al., 2017.

Com estrutura em concreto armado, as paredes da envoltória e do núcleo de serviços são de alvenaria, enquanto no restante são divisórias ou arrumos. Devido a possibilidade de variação interna do apartamento no setor social e privado e pela evidente setorização, este projeto foi incluído entre os casos de estudo.

7.3.2 Análise

O apartamento possui uma geometria alongada (Figura 7.12), em formato retangular, que se distancia de uma forma mais compacta (Tabela 7.5). Os recortes na sua envoltória justificam-se pela ventilação e iluminação natural nas duas casas de banho e da circulação social, que em conjunto com outra unidade residencial formam um poço de luz, e pelo distanciamento entre os acessos social e de serviço. Sua planta é claramente dividida longitudinalmente pelos setores social/privado e de serviço, o que explica a maioria dos resultados encontrados, como a hierarquia, proporção das áreas e geometria.

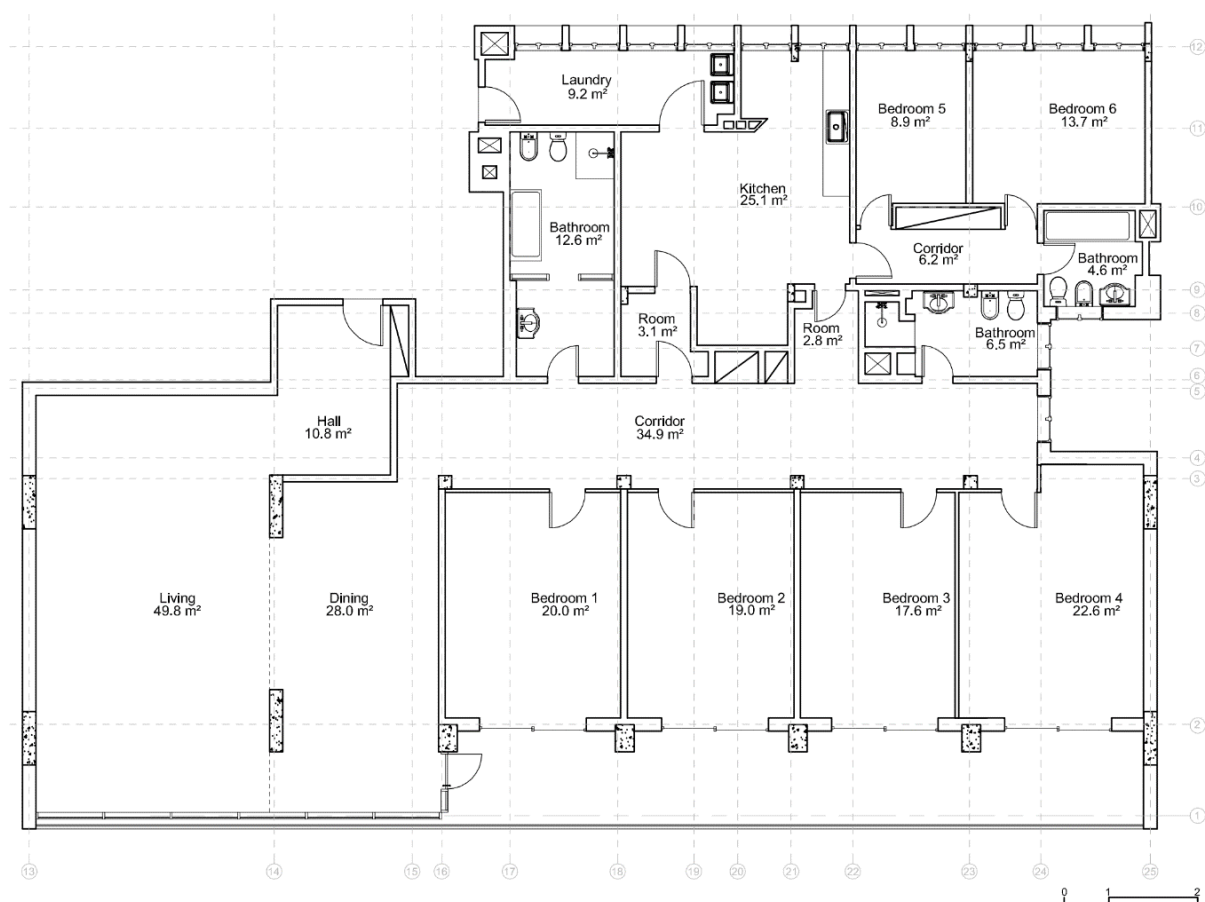


Figura 7.12 – Planta baixa Prudência no Revit.

Fonte: Adaptado de Xavier et al., 2017.

As grandes áreas de circulação, principalmente na porção social, também são um reflexo da divisão, a qual está estrategicamente localizada próxima ao centro como separador e distribuidor das funcionalidades da residência. Com a zona de serviço ocupando praticamente metade da habitação e pela alta quantidade de paredes com instalação hidrossanitária (nove no total), a possibilidade de implementar significativas alterações é nula. A diferença nas áreas dos cômodos reitera a força da restrição com a alta hierarquização dos usos, onde apenas os dormitórios da porção frontal da planta são semelhantes.

Apesar de existirem divisórias e arrumos que são removíveis, sua proporção é mediana, quase baixa, quando comparada com o restante dos divisores verticais do apartamento. Uma vantagem é a estrutura bem modularizada, que facilita essas transformações no setor social/privado e facilitaria igualmente no setor de serviços

se não existissem tantas paredes com “Shafts” (Coretes) e instalações hidrossanitárias.

As grandes áreas de fenestrações, janelas, portas ou cortinas de vidro, reduzem as oportunidades de instalação do mobiliário e da divisão dos cômodos, porém estão bem distribuídas na planta, sem apropriar em excesso o espaço. Os dois acessos poderiam ser úteis na remodelação dos cômodos, entretanto sua descentralização em relação à planta e a setorização, além de outros fatores já citados, impedem mudanças.

Como demonstrado na Tabela 7.6, há a existência de alguns espaços indeterminados no projeto, assim como a inexistência de divisão entre a sala de estar e jantar, o que configura um espaço multifuncional. Verifica-se igualmente a existência de “Shafts” (Coretes) em todas as casas de banho e na lavanderia. Pela existência de três casas de banho, o apartamento não possui uma única zona de serviço, reflexo das grandes dimensões da habitação, portanto existe uma expressiva extensão de tubulações que não podem ser modificadas.

O apartamento do Edifício Prudência, por meio do seu Índice de Adaptabilidade, demonstra uma baixa capacidade de adaptação, restrita, principalmente, pela setorização e hierarquização. Apesar disso, é possível flexibilizá-lo com a alteração das divisórias na porção social/privada e o uso de alguns cômodos como apoio as atividades a serem desenvolvidas. A modularidade da estrutura permite que outros elementos possam ser inseridos no apartamento, incrementado o uso dos espaços.

Tabela 7.5 – Critérios construção edifício Prudência.

Prudência							
	1A	1A	1B	1B	1C	1D	1D
Critério	Geometria Paredes	Geometria Compacto	Circulação Área	Circulação Tipo	Área Útil/Constr.	Hierarquia	Proporção Usos
Pontuação	23,00	1,40	0,14	0,67	0,85	0,50	0,20
Classificação	Ruim	Ruim	Ruim	Médio	Bom	Ruim	Médio
Condição	1		1,5		3		1,5
Importância	11,00%		9,49%		8,32%		10,05%
Desempenho	0,11		0,14		0,25		0,15
	1E	1F	1G	1H	1I	1J	1K
Critério	Pé-direito	Apoio	Estrutura	Vedação vertical	Aberturas	Acessos	Revestimentos
Pontuação	2,80	9,00	0,16	0,20	0,29	0,65	0,00
Classificação	Bom	Ruim	Bom	Ruim	Médio	Médio	Bom
Condição	3	1	3	1	2	2	3
Importância	8,95%	8,20%	9,31%	8,75%	8,97%	9,44%	7,46%
Desempenho	0,27	0,08	0,28	0,09	0,18	0,19	0,22
Índice de Adaptabilidade 1,96							

Fonte: A autora.

Tabela 7.6 – Critérios estratégias edifício Prudência.

Prudência					
	2A	2B	2C	2D	2F
Critério	Espaços Indeterminados	Modularidade	Mobiliário Multifuncional	Espaços multifuncionais	Planta Livre
Classificação	Sim	Não	Não	Sim	Não
Condição	1	0	0	1	0
Importância	8,80%	10,40%	10,31%	10,92%	10,79%
Desempenho	0,09	0,00	0,00	0,11	0,00
	2G	2H	2I	2J	2K
Critério	Zona técnica e de serviços	Expansibilidade	Componentes Layers	Acesso Manutenção	Flexibilidade de componentes
Classificação	Não	Não	Não	Sim	Não
Condição	0	0	0	1	0
Importância	9,04%	10,28%	9,15%	10,53%	9,78%
Desempenho	0,00	0,00	0,00	0,11	0,00
Índice de Flexibilidade 0,30					

Fonte: A autora.

7.4 Edifício Dapperbuurt

7.4.1 Apresentação

Projetada por Margreet Duinker e Machiel Van der Torre, a habitação foi construída no ano de 1986 em Amsterdam na rua Wagenaarstraat (Figura 7.13). Os apartamentos possuem entre 21,50 m² e 85 m², divididos entre 1/2 dormitórios e 3/4 dormitórios, totalizando 49 unidades residenciais que estão distribuídas em 3 blocos (Heckmann; Schneider, 2012). O edifício (Figura 7.14) teve inspiração na Rietveld Schröder House, tanto no uso de partições móveis como no uso de janelas de canto (Leupen 2006).

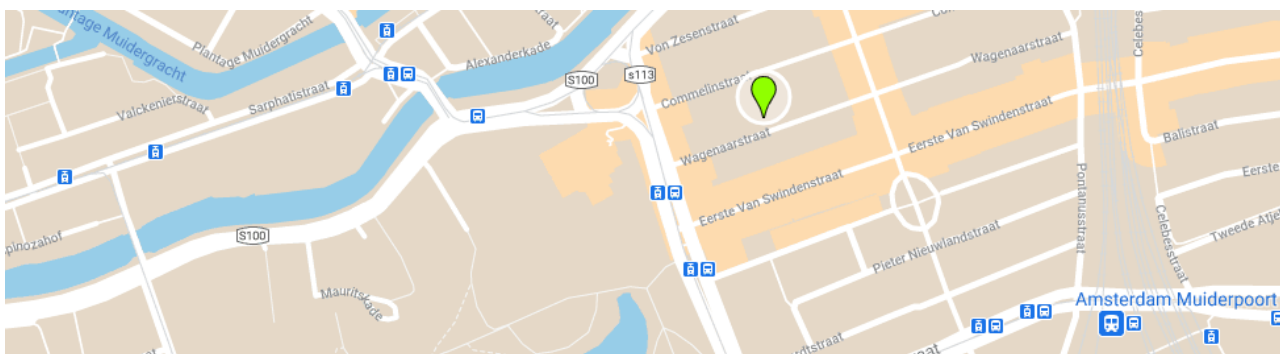


Figura 7.13 – Localização Dapperbuurt.

Fonte: Google Maps, 2020.

Para a análise foi selecionado o apartamento de um dos blocos, o qual possui 03 apartamentos idênticos por andar em cinco pavimentos. O apartamento (Figura 7.15) pode ter entre 1 e 2 dormitórios com sala de estar, sala de jantar, hall, closet, cozinha e casa de banho. Com exceção da casa de banho que está agrupada em um núcleo central, o hall e o closet, todos os outros ambientes são capazes ou não de estarem integrados por meio de divisórias deslizantes.



Figura 7.14 – Imagens externas Dapperbuurt.
Fonte: DVD T, 2020.

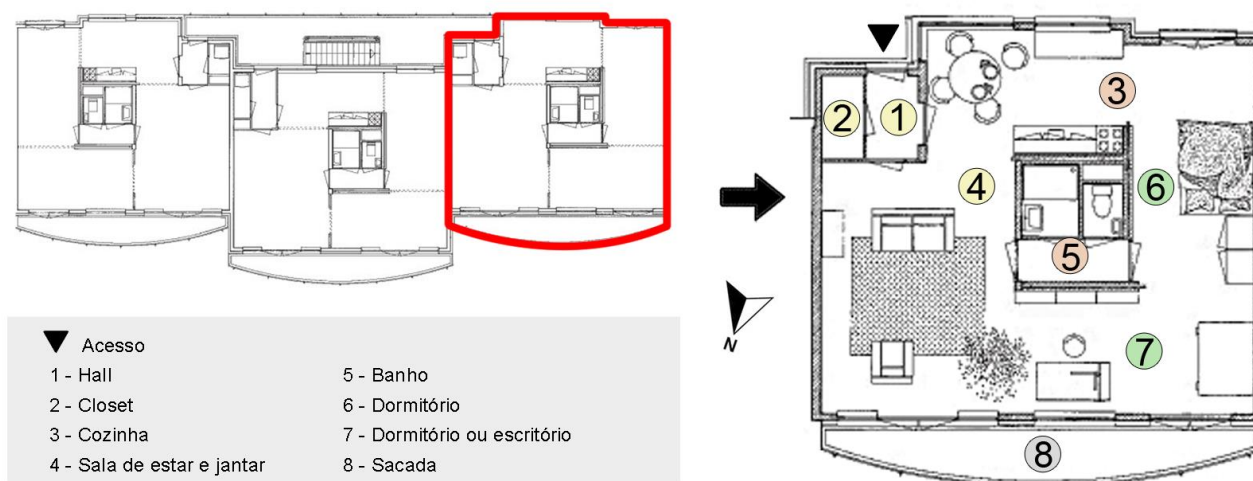


Figura 7.15 – Planta baixa Dapperbuurt. Nomenclatura cores: amarelo – setor social, verde – setor privado, vermelho – setor serviço.
Fonte: Adaptado de Heckmann; Schneider, 2011.

O núcleo central e o closet não possuem ventilação e iluminação natural, porém todos os outros possuem aberturas que asseguram esta condição. O acesso aos apartamentos é realizado por uma escada aberta ao exterior e coberta, comum para todos os apartamentos de cada andar.

O apartamento destaca-se justamente pela centralização dos elementos hidrossanitários, inclusive as tubulações da cozinha encontram-se junto à parede do núcleo. A liberdade de integração ou total separação dos ambientes são igualmente relevantes para esta investigação.

7.4.2 Análise

Particularmente compacto (Tabela 7.7), o apartamento possui relativamente poucas paredes externas com alguns pequenos recortes para trabalho de fachada e de acesso. Sua organização gira em torno do núcleo central (Figura 7.16) que abriga a casa de banho e uma circulação. Adicionalmente a esta circulação existe uma pequena circulação na entrada, originalmente definida como Hall, mas devido as duas pequenas proporções foi considerada como circulação neste trabalho. A soma das áreas das duas circulações e das suas localizações geram o resultado mediano, justificado pela proximidade com a entrada e pela proporção considerável quando comparado ao restante dos ambientes.

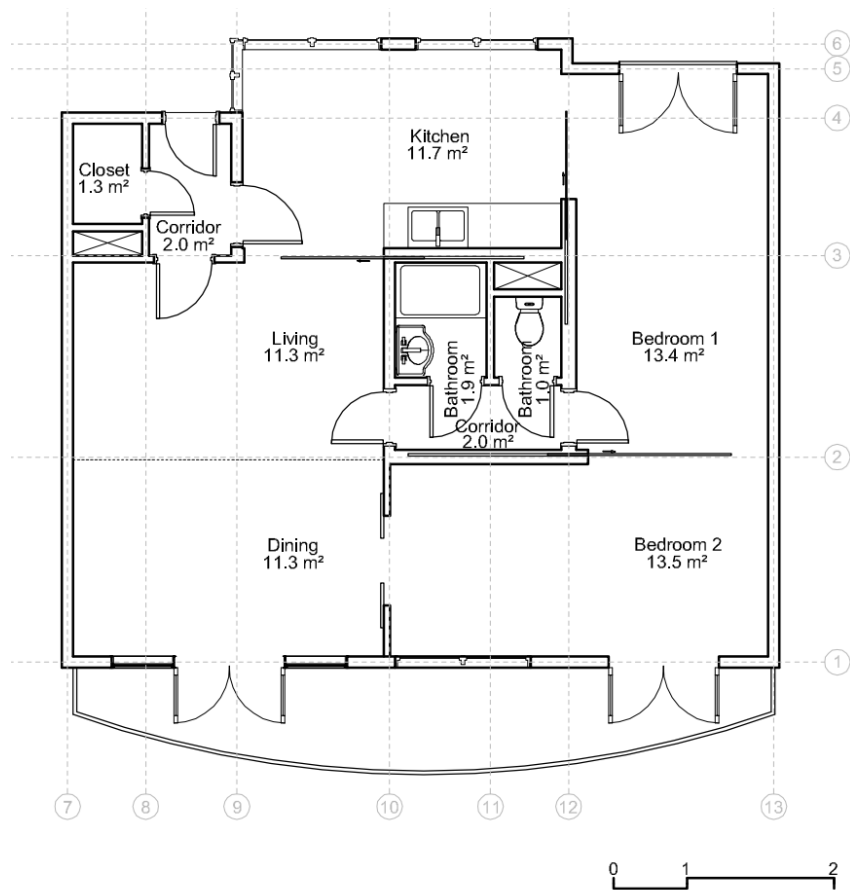


Figura 7.16 – Planta baixa Dapperbuurt no Revit.
Fonte: Adaptado de Heckmann; Schneider, 2011.

Apesar da existência de divisórias, a compartimentação da casa de banho e o conjunto closet e circulação de entrada, geram paredes mais espessas que diminuem a área útil do apartamento, mas não afetaram diretamente o resultado. Com áreas semelhantes entre os cômodos, a hierarquia possui resultado negativo, devido à proximidade com áreas pequenas e discrepantes dos outros cômodos.

As áreas de serviço ocupam espaço em planta quando comparadas com as áreas sociais e privadas. De qualquer modo, existem consideráveis paredes com instalação de água, apesar da maioria estar concentrada no núcleo central, o que impede qualquer modificação nesta porção do projeto. As janelas cumprem sua função adequadamente, porém o único acesso na extremidade da planta restringe a modificação do projeto, entretanto, a circulação da entrada permite que as funções possam ser alteradas.

Nos critérios estratégias na Tabela 7.8, existe o uso de “Shafts” (Coretes) e a concentração das instalações hidrossanitárias na parte central do projeto, o que se configura em uma única zona. Além disso, as portas deslizantes configuram um componente flexível que une ou separa a maioria dos ambientes. Desconsiderando as premissas do projeto original, o apartamento pode ser estruturado por espaços indeterminados e multifuncionais.

O apartamento do edifício Dapperbuurt, reconhecido pela centralização da zona de serviço, possui um Índice de Adaptabilidade mediano, visto que sua zona de serviços ocupa espaço quando comparada ao restante da habitação. A separação da sanita e do banho e sua organização com a cozinha tornam a vantagem da centralização de tubulações em uma desvantagem quando analisado em área.

Independentemente, o Índice de Flexibilidade aponta seu potencial no quesito, com o uso de divisórias móveis e locais que possam servir de apoio como um espaço indeterminado. O uso de um mobiliário que agrupe funcionalidades também aumenta o seu índice.

Tabela 7.7 – Critérios construção Dapperbuurt.

Dapperppurt							
	1A	1A	1B	1B	1C	1D	1D
Critério	Geometria Paredes	Geometria Compacto	Circulação Área	Circulação Tipo	Área Útil/Constr.	Hierarquia	Proporção Usos
Pontuação	8,00	1,14	0,06	0,62	0,87	0,52	0,21
Classificação	Médio	Bom	Médio	Médio	Bom	Ruim	Ruim
Condição	2,5		2		3		1
Importância	11,00%		9,49%		8,32%		10,05%
Desempenho	0,28		0,19		0,25		0,10
	1E	1F	1G	1H	1I	1J	1K
Critério	Pé-direito	Apoio	Estrutura	Vedação vertical	Aberturas	Acessos	Revestimentos
Pontuação	2,80	3,00	0,00	0,04	0,22	0,30	0,00
Classificação	Bom	Médio	Ruim	Ruim	Bom	Ruim	Bom
Condição	3	2	1	1	3	1	3
Importância	8,95%	8,20%	9,31%	8,75%	8,97%	9,44%	7,46%
Desempenho	0,27	0,16	0,09	0,09	0,27	0,09	0,22
Índice de Adaptabilidade 2,02							

Fonte: A autora.

Tabela 7.8 – Critérios estratégias Dapperbuurt.

Dapperbuurt					
	2A	2B	2C	2D	2F
Critério	Espaços Indeterminados	Modularidade	Mobiliário Multifuncional	Espaços multifuncionais	Planta Livre
Classificação	Não	Não	Não	Não	Não
Condição	0	0	0	0	0
Importância	8,80%	10,40%	10,31%	10,92%	10,79%
Desempenho	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	2G	2H	2I	2J	2K
Critério	Zona técnica e de serviços	Expansibilidade	Componentes Layers	Acesso Manutenção	Flexibilidade de componentes
Classificação	Sim	Não	Não	Sim	Sim
Condição	1	0	0	1	1
Importância	9,04%	10,28%	9,15%	10,53%	9,78%
Desempenho	0,09	0,00	0,00	0,11	0,10
Índice de Flexibilidade 0,29					

Fonte: A autora.

7.5 Edifício Lúcia

7.5.1 Apresentação

Edificação da década de 80 (Figura 7.17) localizada em Santa Maria – RS (Brasil), construído sob responsabilidade da Nocchi Construções e Incorporações Ltda, representa um padrão construtivo do período com apartamentos de dois e três dormitórios, acrescidos de um dormitório de serviço, distribuídos em três blocos de quatro pavimentos (Figura 7.18). Na mesma quadra desta edificação existem mais duas edificações que seguem o mesmo padrão de projeto. Sabe-se que a edificação logo à frente é da mesma autoria do engenheiro, que denominou as duas edificações com o nome de suas duas filhas: Lúcia e Vera.

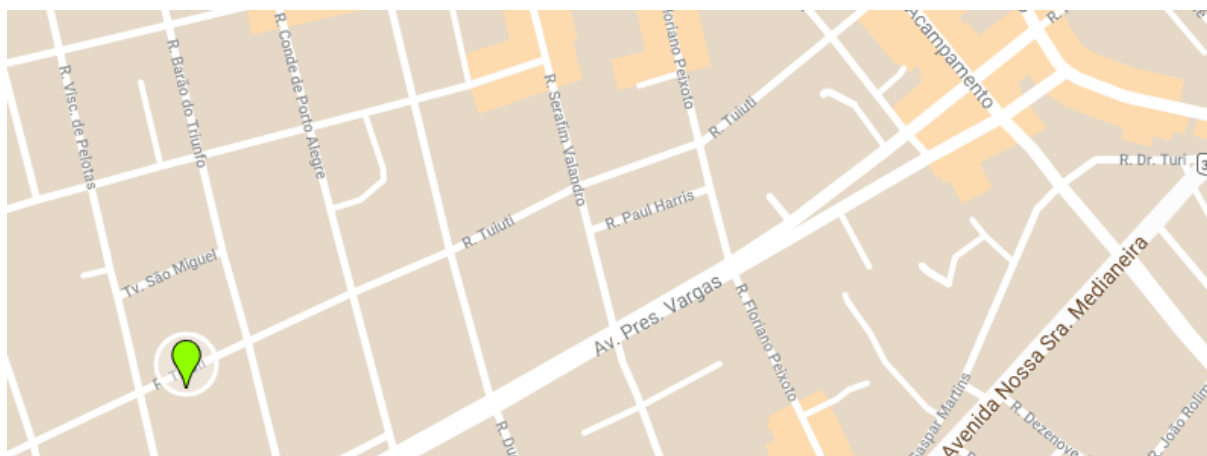


Figura 7.17 – Localização Lúcia.
Fonte: Google Maps, 2020.



Figura 7.18 – Imagens externas Lúcia.
Fonte: Google Street View, 2020.

Os apartamentos (Figura 7.19) variam entre 80 m² e 140 m², para o caso de estudo foi selecionado o apartamento do segundo bloco, com aproximadamente 80 m², composto por três dormitórios (sendo um deles dormitório de serviço), duas casas de banho, lavanderia, cozinha, sala de estar integrada com sala de jantar e varanda. Com exceção do de uma casa de banho e circulação, todos os cômodos possuem ventilação e insolação natural. Chama-se a atenção para esta casa de banho denominada no Brasil como “sanitário de serviço”, onde o chuveiro está localizado em frente à sanita, quase em sobreposição, o que torna o espaço extremamente desconfortável para utilização.

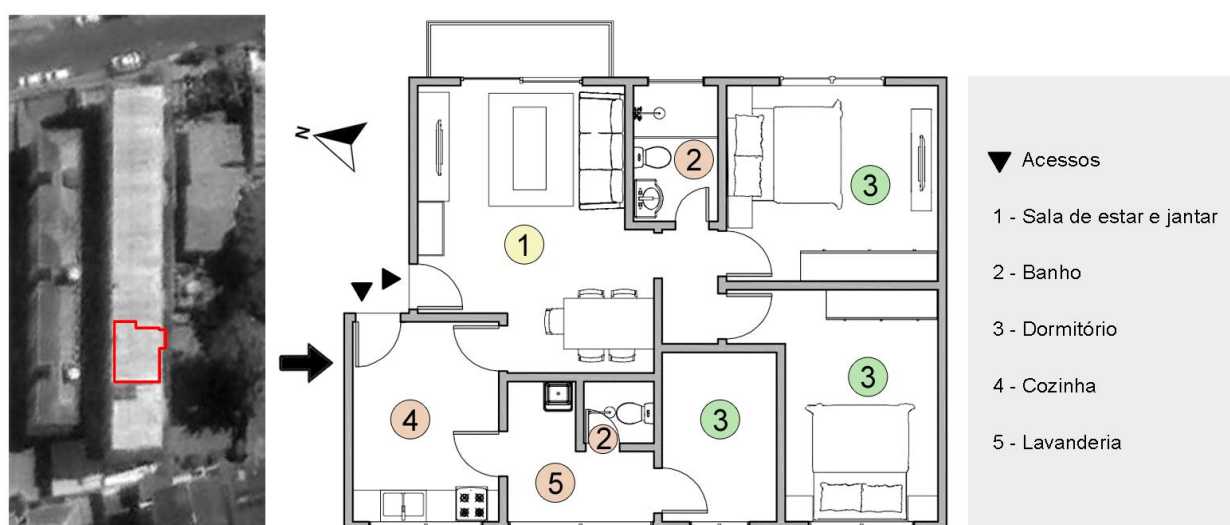


Figura 7.19 – Planta baixa Lúcia. Nomenclatura cores: amarelo – setor social, verde – setor privado, vermelho – setor serviço.

Fonte: Adaptado de Google Maps, 2020; A autora.

Com dois apartamentos por andar, as paredes são todas em alvenaria e a estrutura em concreto armado. Pela representatividade do padrão construtivo da década de 80, em que as dimensões dos cômodos eram maiores e a inclusão do dormitório e casa de banho de serviço, selecionou-se o projeto como estudo de caso.

7.5.2 Análise

Apresenta poucas quebras no desenho da sua envoltória retangular (Figura 7.20), a qual, devido à proporção, reflete na pontuação mediana no critério formato compacto (Tabela 7.9). Com pouca área de circulação e localização praticamente centralizada, a organização da casa é quase nuclear, com exceção da zona de serviço que não se conecta diretamente com a parte social. A zona de serviço ocupa

boa porção do apartamento e a hierarquia é alta, com variação entre as áreas dos cômodos próximos.

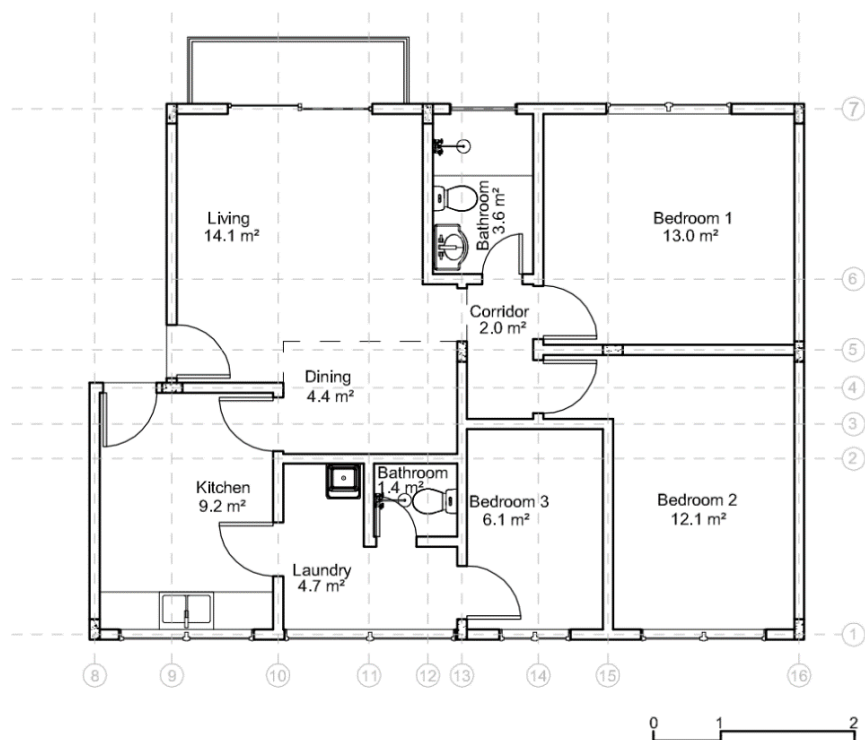


Figura 7.20 – Planta baixa Lúcia no Revit.
Fonte: A autora.

As cinco paredes com instalações hidrossanitárias dispersas na habitação geraram a classificação negativa. Não há o uso de divisórias leves no projeto e a estrutura no sistema viga-pilar está razoavelmente distribuída. Os dois acessos (social e serviço), benéficos para a circulação e distribuição do apartamento, estão próximas e centralizadas no sentido transversal.

Esses dois acessos geram duas circulações bem distintas entre o setor social/privado e o setor de serviço, reforçando a ideia de separação das funções da habitação, evidenciados pelo dormitório e casa de banho de serviço. Curiosamente, a casa de banho de serviço possui um chuveiro logo à frente da sanita e sem pia, com dimensões extremamente reduzidas. As janelas estão bem distribuídas e variam na dimensão, com destaque para a janela da lavanderia, que ao ocupar toda a fachada dificulta uma adequação do espaço.

Para as estratégias (Tabela 7.10), a integração entre sala de estar e jantar configura um espaço multifuncional e existe uma zona de serviços parcial formada pela cozinha, casa de banho e lavanderia, oposta a outra casa de banho. No caso, o projeto restringe a aplicação de outras estratégias, limitando-se à introdução de um mobiliário multifuncional. A divisão entre o setor de serviço e o social/privado, com ênfase para a forma como a relação acontece, prejudicam possíveis alterações na habitação.

Os índices do apartamento apontam para uma adaptabilidade mediana baseado na proporção de usos e na hierarquia com baixa pontuação. A organização, com algumas paredes desalinhadas e a estrutura pouco modular contribuem para uma pontuação mais baixa. Para a flexibilidade, o apartamento ficou com classificação baixa, o que reflete sua baixa capacidade de inserção de novas modificações que auxiliassem na apropriação do apartamento pelo usuário.

Tabela 7.9 – Critérios construção Lúcia.

Lúcia							
	1A	1A	1B	1B	1C	1D	1D
Critério	Geometria Paredes	Geometria Compacto	Circulação Área	Circulação Tipo	Área Útil/Constr.	Hierarquia	Proporção Usos
Pontuação	6,00	1,34	0,03	0,87	0,87	0,45	0,27
Classificação	Bom	Médio	Bom	Bom	Bom	Ruim	Ruim
Condição	2,5		3		3		1
Importância	11,00%		9,49%		8,32%		10,05%
Desempenho	0,28		0,28		0,25		0,10
	1E	1F	1G	1H	1I	1J	1K
Critério	Pé-direito	Apoio	Estrutura	Vedação vertical	Aberturas	Acessos	Revestimentos
Pontuação	2,80	5,00	0,22	0,00	0,27	0,57	0,00
Classificação	Bom	Ruim	Médio	Ruim	Médio	Médio	Bom
Condição	3	1	2	1	2	2	3
Importância	8,95%	8,20%	9,31%	8,75%	8,97%	9,44%	7,46%
Desempenho	0,27	0,08	0,19	0,09	0,18	0,19	0,22
Índice de Adaptabilidade							
2,13							

Fonte: A autora.

Tabela 7.10 – Critérios estratégias Lúcia.

Lúcia					
	2A	2B	2C	2D	2F
Critério	Espaços Indeterminados	Modularidade	Mobiliário Multifuncional	Espaços multifuncionais	Planta Livre
Classificação	Não	Não	Não	Sim	Não
Condição	0	0	0	1	0
Importância	8,80%	10,40%	10,31%	10,92%	10,79%
Desempenho	0,00	0,00	0,00	0,11	0,00
	2G	2H	2I	2J	2K
Critério	Zona técnica e de serviços	Expansibilidade	Componentes Layers	Acesso Manutenção	Flexibilidade de componentes
Classificação	Parcial	Não	Não	Não	Não
Condição	0,5	0	0	0	0
Importância	9,04%	10,28%	9,15%	10,53%	9,78%
Desempenho	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00
Índice de Flexibilidade					
0,15					

Fonte: A autora.

7.6 Apartamento Odivelas

7.6.1 Apresentação

O apartamento (Figura 7.21), localizado em Odivelas (Portugal) e construído em 1987, foi remodelado pelo arquiteto Miguel Marcelino no ano de 2017. Com quatro apartamentos por andar, distribuídos em 8 pavimentos residenciais (Figura 7.22), a edificação possui um centro comercial no térreo. De acordo com o arquiteto, a reforma buscou solucionar problemas térmicos e acústicos, áreas subdimensionadas e falta de iluminação natural em alguns dos cômodos (Marcelino, 2020).



Figura 7.21 – Localização edifício Odivelas.

Fonte: Google Maps, 2020.

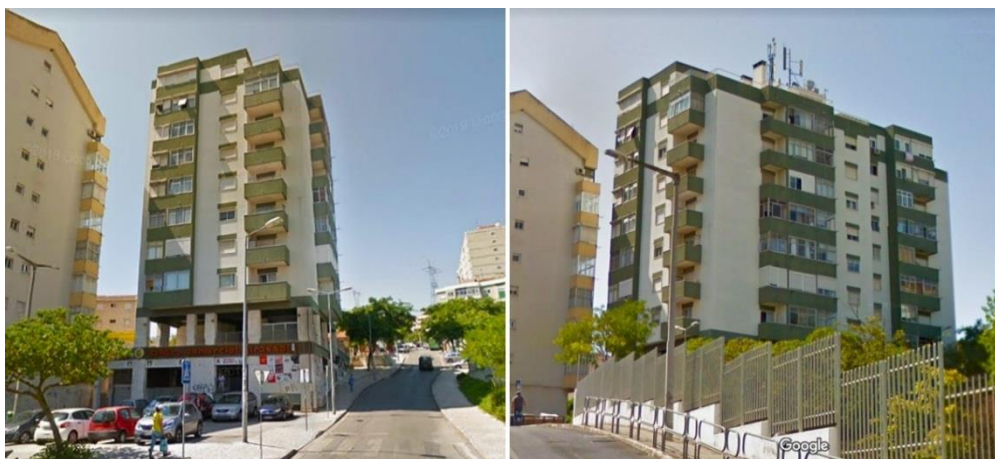


Figura 7.22 – Imagens externas edifício Odivelas.

Fonte: Google Street View, 2020.

Com cerca de 85 m², o apartamento original (Figura 7.23) possuía dois dormitórios (cada um com acesso para a sacada), sala de estar integrada com a sala de jantar, cozinha, lavanderia, uma casa de banho. Após a reforma, o apartamento fica somente com um dormitório e cria-se um escritório, ocorre a integração da sala de estar/jantar com a cozinha e a lavanderia é transferida para um novo local. Com exceção da casa de banho e de uma pequena despensa, todos os cômodos recebem iluminação e ventilação natural.

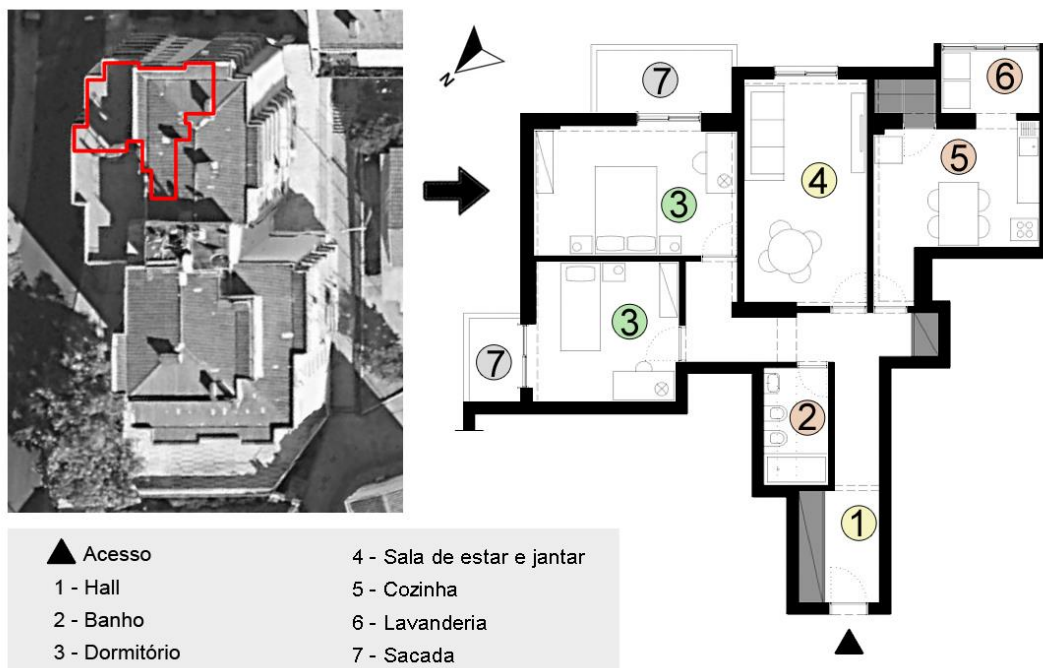


Figura 7.23 – Planta baixa original Odiveiras. Nomenclatura cores: amarelo – setor social, verde – setor privado, vermelho – setor serviço.
Fonte: Adaptado de Marcelino, 2020.

Com estrutura em concreto armado e paredes em alvenaria, o apartamento foi incluído pela possibilidade de se estudar e comparar em duas situações sua adaptabilidade, antes da reforma e após a reforma. Pela transformação que o apartamento sofreu, já se deduz que possui certo grau de adaptabilidade, porém é interessante avaliar as duas situações e perceber suas vantagens e desvantagens.

7.6.2 Análise

No caso, por tratar-se de uma reforma a um apartamento, optou-se por realizar o estudo tanto na configuração original do apartamento (Figura 7.24), quanto

na configuração após a reforma (Figura 7.25). Nos dois casos, onde a envoltória permanece a mesma, existem recortes devido à solução adotada, onde todos os apartamentos do andar possuem duas sacadas voltadas para direções perpendiculares ao mesmo tempo que servem para quebrar a monotonia da fachada. Apesar do bom resultado (Tabela 7.11) para o critério Geometria Compacto, percebe-se que o apartamento é disperso, por isso, a importância da média com o critério Geometria Paredes que auxilia na correção do resultado.

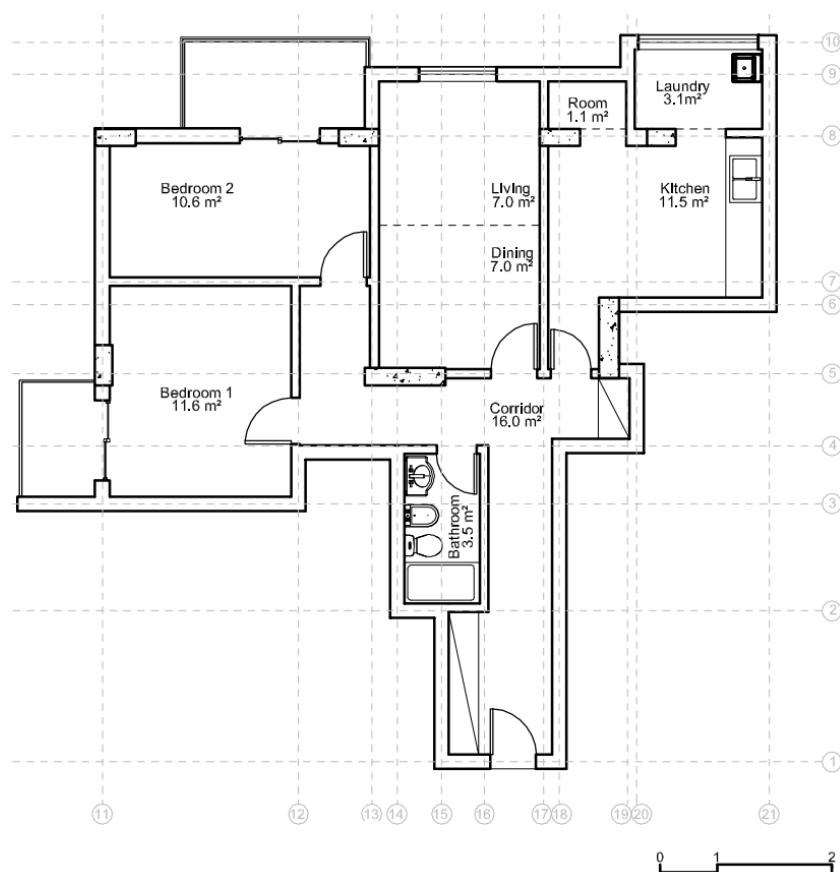


Figura 7.24 – Planta baixa original Odivelas no Revit.

Fonte: Adaptado de Marcelino, 2020.

Nota-se que existe uma grande circulação linear, com a pequena vantagem de estar localizada relativamente na porção central. Com considerável compartimentação dos ambientes, existe hierarquia na distribuição dos ambientes e as áreas de serviço ocupam espaço quando comparadas com o restante do apartamento.

Existem poucas paredes com infraestrutura, reservadas nos fechamentos da envoltória, o que libera a transformação do espaço, apesar de não existirem

divisórias. A estrutura possui pouca modularização, restringindo as possibilidades de transformação. Além da circulação longa, o único acesso está posicionado em uma extremidade distante, que limita a distribuição dos cômodos.

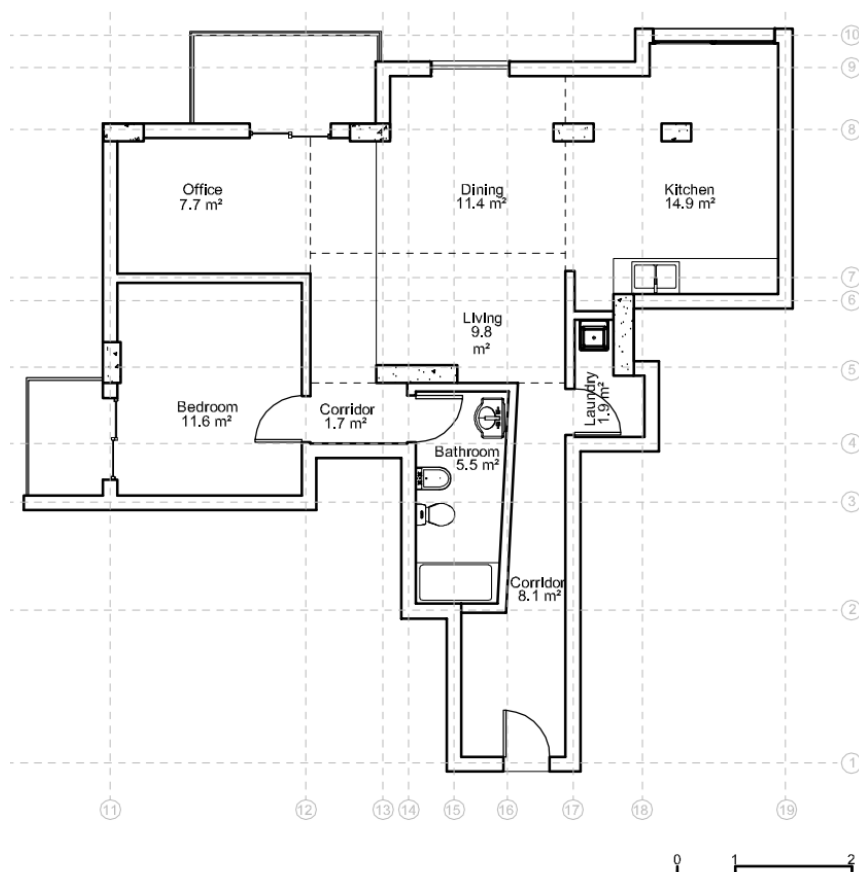


Figura 7.25 – Planta baixa Odíveas após reforma no Revit.
Fonte: Adaptado de Marcelino, 2020.

Comparando os resultados após a reforma (Tabela 7.12), apesar da circulação ter diminuído, existem duas partes separadas, onde uma está deslocada do centro. A Área útil é praticamente a mesma, já que as paredes e divisórias possuem dimensões parecidas e apesar da integração dos ambientes, a hierarquização continua alta.

A integração, apesar da nova localização da lavanderia, acrescentou em área a ocupação do projeto, mantendo a repercussão negativa no critério Proporção Usos. Há o incremento de uma parede com tubulação, ao deslocar-se a cuba da casa de banho para a parede oposta aos outros aparelhos sanitários.

No caso das estratégias, nas Tabelas 7.13 e 7.14, percebe-se diferença na zona de serviços, no original são considerados dois grupos, com classificação parcial, e, após a reforma, o algoritmo passa a receber a informação de uma única. Isso ocorre devido à aproximação da lavanderia com a casa de banho, o que gera uma distância próxima a qual impede o software de ler como dois grupos separados. O mesmo ocorre para o caso da planta livre, uma vez que todas as vedações internas passam a ser divisórias com exceção da casa de banho.

Apesar de algumas melhorias, o Índice de Adaptabilidade continua com classificação abaixo após a reforma. Isto demonstra a importância de um planejamento para a adaptabilidade. A estrutura e a forma do apartamento Odivelas tornam a distribuição dos espaços limitada, o que exigem circulações que acabam por desperdiçar áreas úteis. Já no caso da flexibilidade, após a reforma, o apartamento passou de uma pontuação baixa para alta, com a utilização de quatro estratégias que incrementaram a habitação.

Tabela 7.11 – Critérios construção Odivelas original.

Odivelas original							
	1A	1A	1B	1B	1C	1D	1D
Critério	Geometria Paredes	Geometria Compacto	Circulação Área	Circulação Tipo	Área Útil/Constr.	Hierarquia	Proporção Usos
Pontuação	20,00	1,05	0,22	0,91	0,80	0,54	0,25
Classificação	Ruim	Bom	Ruim	Bom	Médio	Ruim	Ruim
Condição	2		2		2		1
Importância	11,00%		9,49%		8,32%		10,05%
Desempenho	0,22		0,19		0,17		0,10
	1E	1F	1G	1H	1I	1J	1K
Critério	Pé-direito	Apoio	Estrutura	Vedação vertical	Aberturas	Acessos	Revestimentos
Pontuação	2,80	2,00	0,33	0,00	0,07	0,49	0,00
Classificação	Bom	Bom	Ruim	Ruim	Bom	Ruim	Bom
Condição	3	3	1	1	3	1	3
Importância	8,95%	8,20%	9,31%	8,75%	8,97%	9,44%	7,46%
Desempenho	0,27	0,25	0,09	0,09	0,27	0,09	0,22
Índice de Adaptabilidade 1,96							

Fonte: A autora.

Tabela 7.12 – Critérios construção Odivelas reforma

Odivelas Reforma							
	1A	1A	1B	1B	1C	1D	1D
Critério	Geometria Paredes	Geometria Compacto	Circulação Área	Circulação Tipo	Área Útil/Constr.	Hierarquia	Proporção Usos
Pontuação	20,00	1,05	0,14	0,73	0,82	0,53	0,31
Classificação	Ruim	Bom	Ruim	Médio	Médio	Ruim	Ruim
Condição	2		1,5		2		1
Importância	11,00%		9,49%		8,32%		10,05%
Desempenho	0,22		0,14		0,17		0,10
	1E	1F	1G	1H	1I	1J	1K
Critério	Pé-direito	Apoio	Estrutura	Vedação vertical	Aberturas	Acessos	Revestimentos
Pontuação	2,80	3,00	0,33	0,15	0,07	0,49	0,00
Classificação	Bom	Médio	Ruim	Ruim	Bom	Ruim	Bom
Condição	3	2	1	1	3	1	3
Importância	8,95%	8,20%	9,31%	8,75%	8,97%	9,44%	7,46%
Desempenho	0,27	0,16	0,09	0,09	0,27	0,09	0,22
Índice de Adaptabilidade 1,83							

Fonte: A autora.

Tabela 7.13 – Critérios estratégias Odívetas original.

Odívetas original					
	2A	2B	2C	2D	2F
Critério	Espaços Indeterminados	Modularidade	Mobiliário Multifuncional	Espaços multifuncionais	Planta Livre
Classificação	Não	Não	Não	Sim	Não
Condição	0	0	0	1	0
Importância	8,80%	10,40%	10,31%	10,92%	10,79%
Desempenho	0,00	0,00	0,00	0,11	0,00
	2G	2H	2I	2J	2K
Critério	Zona técnica e de serviços	Expansibilidade	Componentes Layers	Acesso Manutenção	Flexibilidade de componentes
Classificação	Parcial	Não	Não	Não	Não
Condição	0,5	0	0	0	0
Importância	9,04%	10,28%	9,15%	10,53%	9,78%
Desempenho	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00
Índice de Flexibilidade 0,15					

Fonte: A autora.

Tabela 7.14 – Critérios estratégias Odívetas reforma.

Odívetas reforma					
	2A	2B	2C	2D	2F
Critério	Espaços Indeterminados	Modularidade	Mobiliário Multifuncional	Espaços multifuncionais	Planta Livre
Classificação	Não	Não	Não	Sim	Parcial
Atributo	0	0	0	1	0,5
Importância	0,09	0,10	0,10	0,11	0,11
Desempenho	0,00	0,00	0,00	0,11	0,05
	2G	2H	2I	2J	2K
Critério	Zona técnica e de serviços	Expansibilidade	Componentes Layers	Acesso Manutenção	Flexibilidade de componentes
Classificação	Sim	Não	Não	Não	Sim
Atributo	1	0	0	0	1
Importância	0,09	0,10	0,09	0,11	0,10
Desempenho	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00
Índice de Flexibilidade 0,35					

Fonte: A autora.

O apartamento selecionado (Figura 7.28) possui três suítes (a suíte principal possui closet), um lavabo, um banho, sala de estar integrada com a sala de jantar, cozinha, lavanderia, dispensa e sacada com churrasqueira. Os residentes podem optar pela inclusão de uma lareira na sala de estar e existe uma laje técnica para a unidade externa de condicionamento de ar. A maioria dos ambientes possui ventilação e insolação natural, direcionados à leste, com exceção da dispensa, closet e lavabo, este último com ventilação mecanizada.

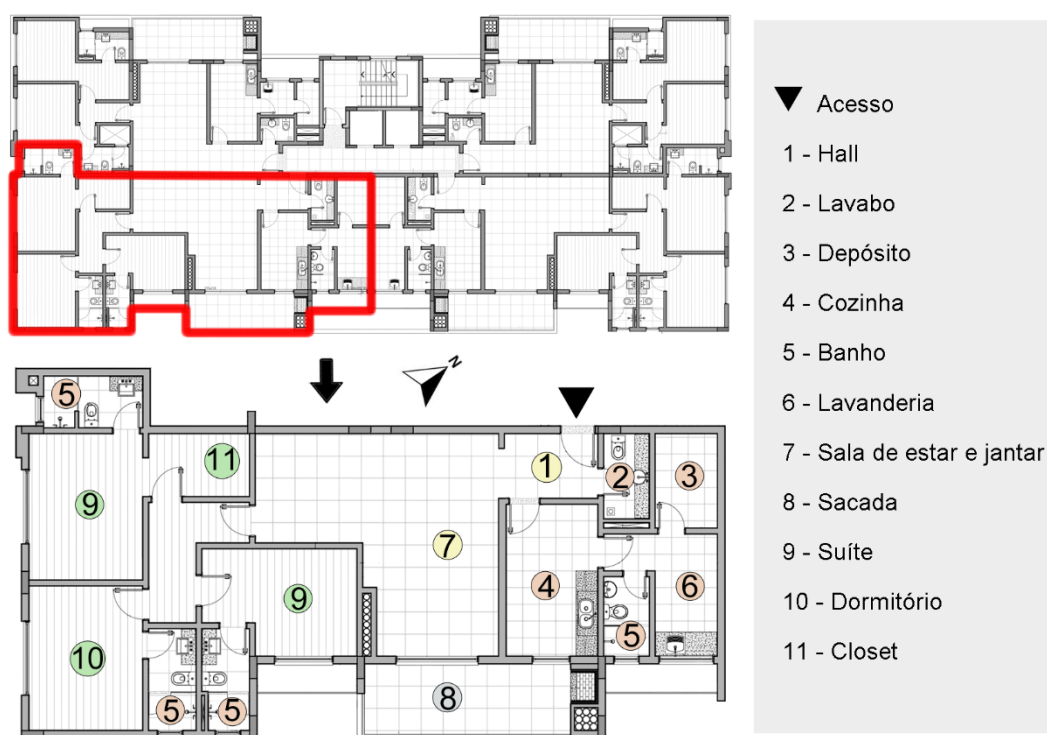


Figura 7.28 – Planta baixa Vista da Montanha. Nomenclatura cores: amarelo – setor social, verde – setor privado, vermelho – setor serviço.

Fonte: Vista da Montanha, 2019.

Sua estrutura é pilar-viga-laje de concreto armado e paredes em alvenaria. O projeto foi escolhido por apresentar uma planta baixa relativamente retangular e regular, com cômodos regulares, além de uma quantidade generosa de quatro banhos e um lavabo, o que poderá impactar na adaptabilidade. A grande área ocupada pelo conjunto cozinha, banho, lavabo, lavanderia e despensa também favoreceu a escolha.

7.7.2 Análise

Assumindo a forma retangular alongada (Figura 7.29), o apartamento possui um recorte na suíte, com destaque para a casa de banho, e na extremidade oposta na composição da sacada com as duas lajes técnicas. Essas duas circunstâncias criam a pontuação negativa para geometria (Tabela 7.15). O hall, pela sua pequena dimensão e por somente distribuir a organização dos espaços, foi considerado circulação, adicionalmente a outra circulação existente. Desse modo, as duas circulações são relativamente distantes do centro e suas áreas ocupam a distribuição da entrada para a área de serviço e a distribuição dos dormitórios.

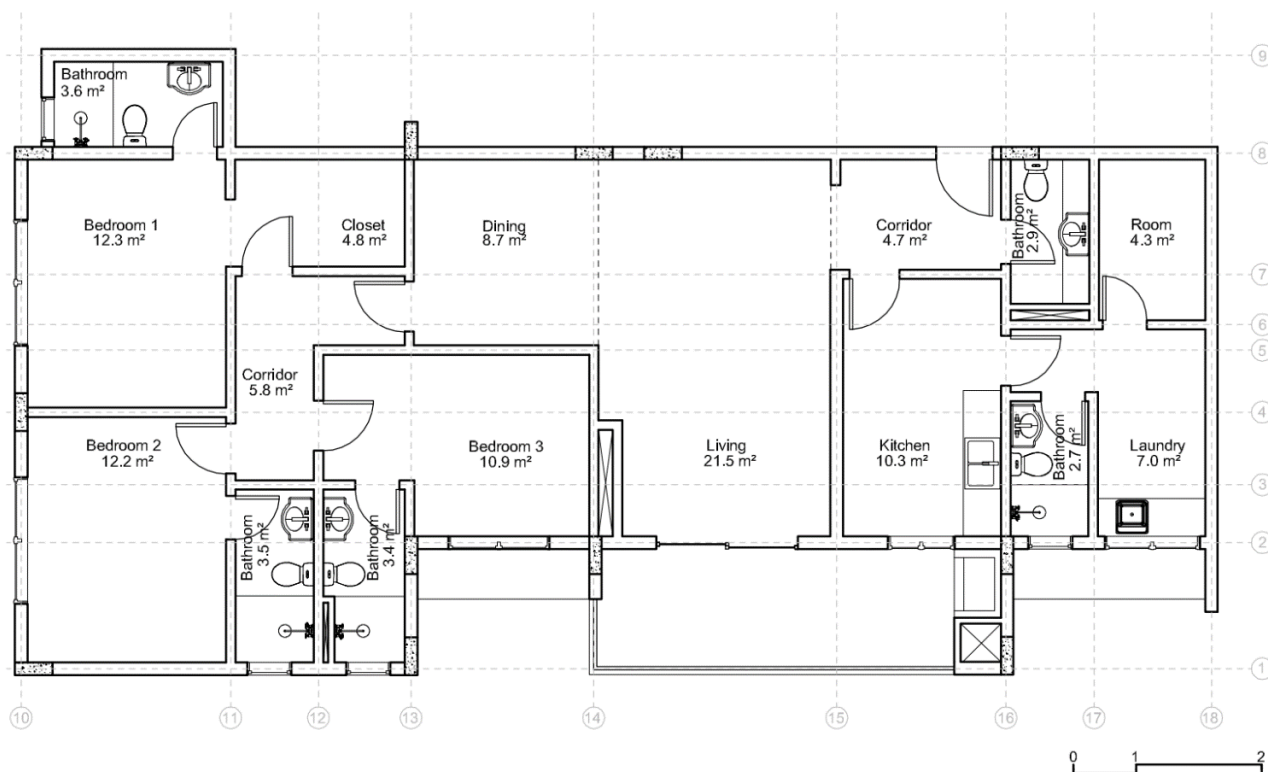


Figura 7.29 – Planta baixa Vista da Montanha no Revit.

Fonte: Adaptado de Vista da Montanha, 2019.

A proporção dos usos é negativa, uma vez que as salas de estar e jantar, assim como os dormitórios, não possuem áreas espaçosas que compensem as áreas de serviço. Devido às áreas espaçosas, há um resultado mediano para a proporção entre área útil e construída. A hierarquia é alta e bem clara no conjunto uso social/privado e de serviço, separados no sentido transversal do projeto. Devido

à quantidade de casas de banho e do lavabo, existem numerosas paredes com instalação do hidrossanitária, que estão distribuídas em diferentes partes da planta baixa.

A estrutura possui regularidade no sentido transversal da planta, entretanto, no sentido longitudinal existem algumas irregularidades que tornaram a pontuação mediana. Não existem divisórias e o único acesso está localizado mais para uma das extremidades. Na Tabela 7.16 verifica-se a incidência de espaços multifuncionais (sala de estar e jantar) e a existência de “Shafts” (Coretes) para manutenção. O apartamento pode ter um dos seus dormitórios utilizado para outra função, por exemplo, escritório, e divisórias móveis instaladas para criar outros espaços.

O Índice de Adaptabilidade apresentou um resultado baixo, consequência da forma irregular e dispersa, com hierarquização e sem uma zona de serviço, as quais balizaram a possibilidade de transformação. Porém o Índice de Flexibilidade apresenta uma pontuação moderada, portanto, o apartamento consegue abrigar algumas possibilidades que ajudam a liberar os espaços e torná-lo mais flexível.

Tabela 7.15 – Critérios construção Vista da Montanha.

Vista da Montanha							
	1A	1A	1B	1B	1C	1D	1D
Critério	Geometria Paredes	Geometria Compacto	Circulação Área	Circulação Tipo	Área Útil/Constr.	Hierarquia	Proporção Usos
Pontuação	12,00	1,94	0,09	0,55	0,85	0,53	0,28
Classificação	Ruim	Ruim	Médio	Ruim	Médio	Ruim	Ruim
Condição	1		1,5		2		1
Importância	11,00%		9,49%		8,32%		10,05%
Desempenho	0,11		0,14		0,17		0,10
	1E	1F	1G	1H	1I	1J	1K
Critério	Pé-direito	Apoio	Estrutura	Vedação vertical	Aberturas	Acessos	Revestimentos
Pontuação	2,80	6,00	0,20	0,00	0,18	0,40	0,00
Classificação	Bom	Ruim	Médio	Ruim	Bom	Ruim	Bom
Condição	3	1	2	1	3	1	3
Importância	8,95%	8,20%	9,31%	8,75%	8,97%	9,44%	7,46%
Desempenho	0,27	0,08	0,19	0,09	0,27	0,09	0,22
Índice de Adaptabilidade 1,73							

Fonte: A autora.

Tabela 7.16 – Critérios estratégias Vista da Montanha.

Vista da Montanha					
	2A	2B	2C	2D	2F
Critério	Espaços Indeterminados	Modularidade	Mobiliário Multifuncional	Espaços multifuncionais	Planta Livre
Classificação	Não	Não	Não	Sim	Não
Condição	0	0	0	1	0
Importância	8,80%	10,40%	10,31%	10,92%	10,79%
Desempenho	0,00	0,00	0,00	0,11	0,00
	2G	2H	2I	2J	2K
Critério	Zona técnica e de serviços	Expansibilidade	Componentes Layers	Acesso Manutenção	Flexibilidade de componentes
Classificação	Não	Não	Não	Sim	Não
Condição	0	0	0	1	0
Importância	9,04%	10,28%	9,15%	10,53%	9,78%
Desempenho	0,00	0,00	0,00	0,11	0,00
Índice de Flexibilidade 0,21					

Fonte: A autora.

7.8 Bau 727

7.8.1 Apresentação

O residencial Bau 727 do escritório LP Arquitetos está localizado (Figura 7.30) na cidade de Santa Maria – RS (Brasil), sua construção iniciou no ano de 2018 e atualmente está nos acabamentos finais. Composto por três apartamentos por andar, distribuídos em dez pavimentos (Figura 7.31), as metragens variam entre 78,76 m² e 94,35 m² privativos. Conforme o escritório, o edifício foi pensado para a vida urbana e valoriza a vista geral da cidade, já que está localizado no fim da parte alta da área urbana central.

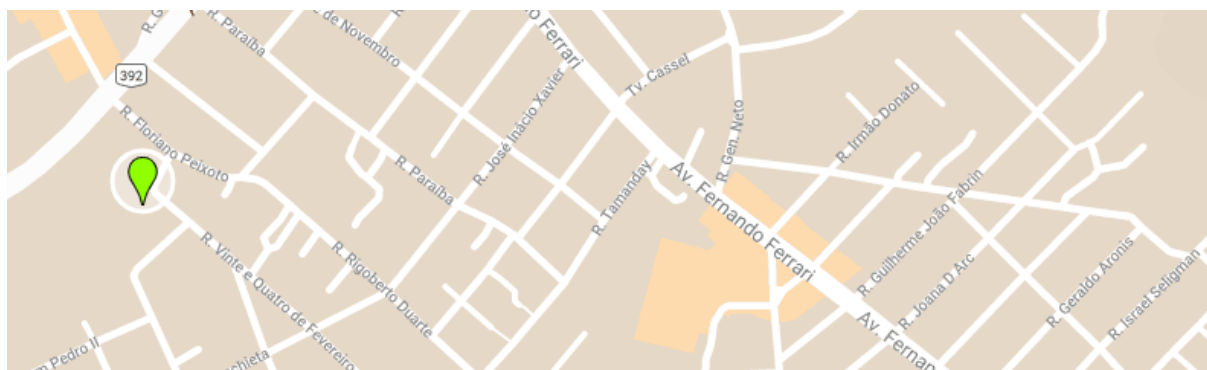


Figura 7.30 – Localização edifício Bau 727.

Fonte: Google Maps, 2020.



Figura 7.31 – Imagens externas edifício Bau 707.

Fonte: Bau 727, 2020.

Para o estudo de caso foi selecionado o apartamento tipo três, com área total de aproximadamente 85 m² (Figura 7.32). O apartamento é composto por uma suíte, um dormitório, um banho, sala de estar integrada com a sala de jantar, cozinha com churrasqueira, área de serviço e sacada. Duas lajes técnicas foram projetadas para abrigar as unidades externas do condicionamento de ar. Todos os ambientes possuem insolação e ventilação natural, priorizando a orientação norte, ideal no hemisfério sul.

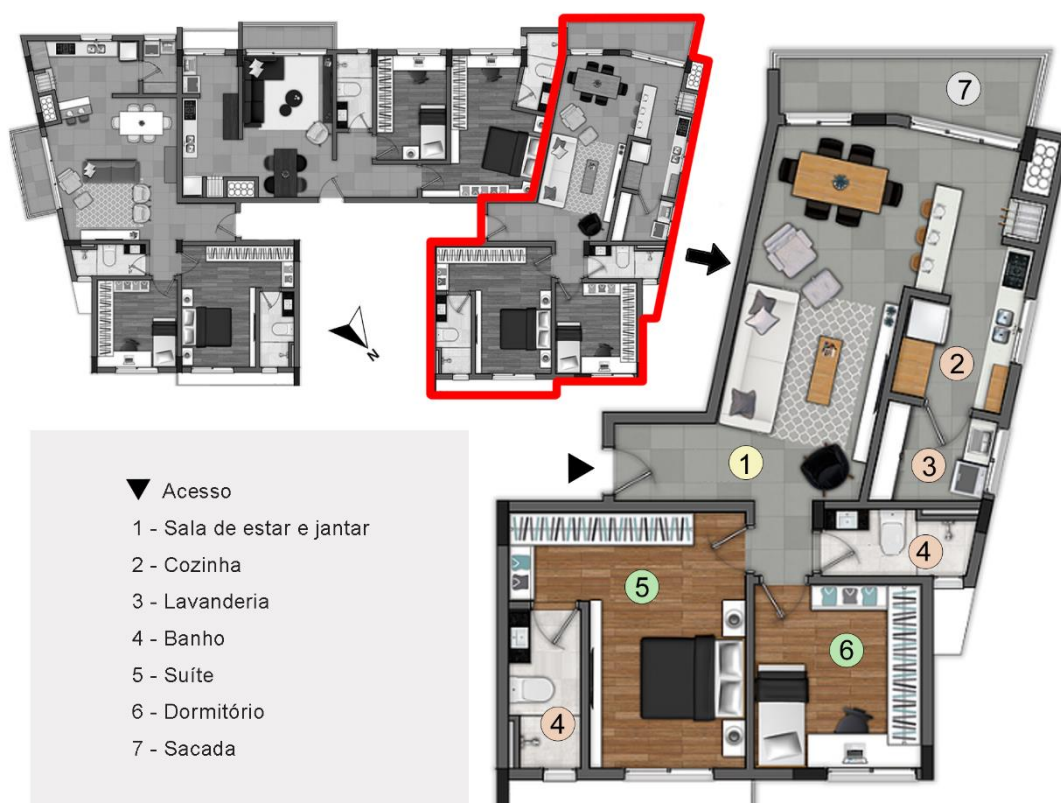


Figura 7.32 – Planta baixa Bau 727. Nomenclatura cores: amarelo – setor social, verde – setor privado, vermelho – setor serviço.

Fonte: Adaptado de Bau 727.

Suas paredes são de alvenaria em bloco de concreto e sua estrutura no sistema pilar-viga-laje em concreto armado. A inclusão deste projeto justifica-se pelo formato geométrico angulado em planta baixa, o qual distancia-se dos padrões seguidos atualmente. O formato é composto por recortes utilizados na composição das fachadas, privilegiando-se a privacidade das sacadas.

7.8.2 Análise

Pela configuração diferenciada de suas paredes angulares na envoltória, a residência (Figura 7.33) possui várias quebras que reduziram sua pontuação na geometria. Apesar deste formato, o projeto é moderadamente compacto, que em conjunto com o critério geometria parede elevou o resultado (Tabela 7.17). A circulação reduzida e centralizada obteve boa pontuação e a integração dos ambientes gerou uma pontuação mediana na área útil, apesar de não haver divisórias. A proporção dos usos é ruim, visto que não há áreas generosas, onde os espaços atendem o confortável.

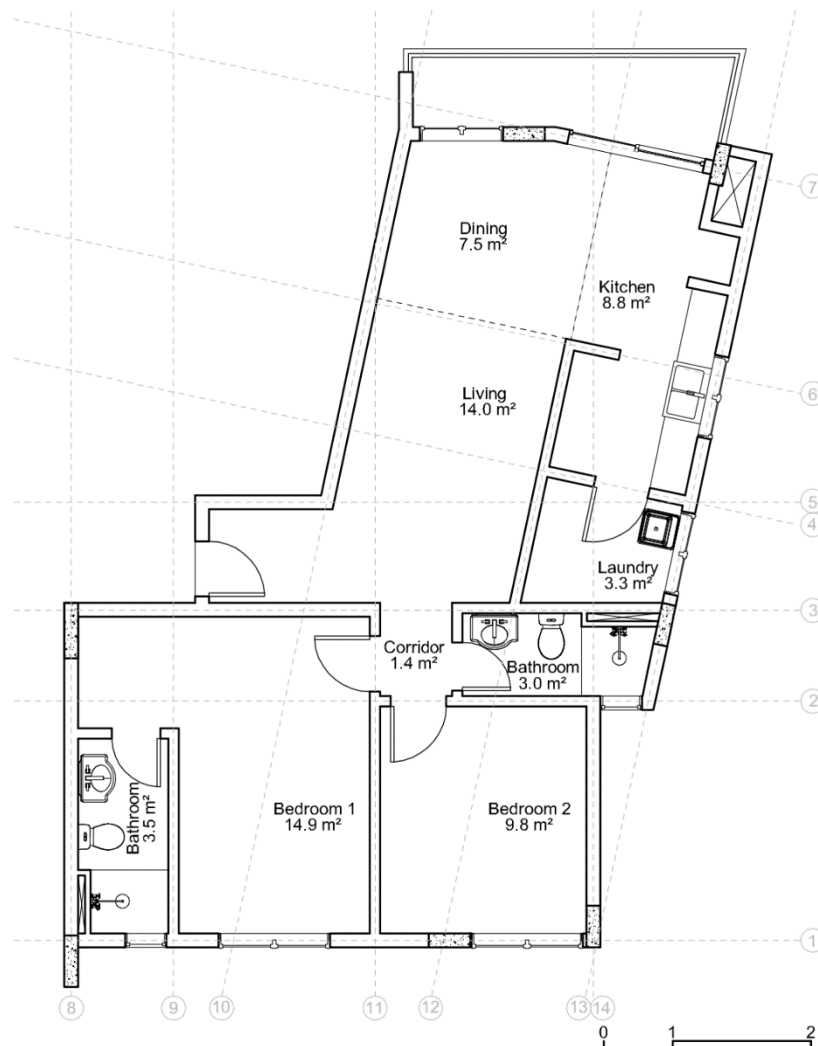


Figura 7.33 – Planta baixa Bau no 727 Revit.
Fonte: Adaptado de Bau 727.

O projeto é hierarquizado, com distinção nas áreas, porém ressalta-se a integração entre as áreas sociais e de serviço. O ponto negativo é a grande quantidade de paredes com instalações hidrossanitárias. Apesar de algumas delas pertencerem à envoltória, isso reflete na capacidade de organização dos interiores e da alteração de pontos de água.

Por causa do formato diferenciado, é perceptível a falta de modularidade na estrutura, que não consegue ser distribuída regularmente. Uma das vantagens é a localização do único acesso na porção central do projeto, que facilita a organização e reduz consideravelmente as circulações.

Nas estratégias, a Tabela 7.18 aponta o uso de espaços multifuncionais (integração entre cozinha, sala de estar e sala de jantar) e uma zona de serviços parcial, visto que uma das casas de banho está isolada. Visualiza-se igualmente o uso de “Shafts” (Coretes) que facilitam o acesso à manutenção das instalações. Devido à limitação do projeto, ficam escassas as possibilidades de estratégias flexíveis, permitindo somente o uso de mobiliário multifuncional.

O apartamento possui um Índice de Adaptabilidade praticamente no limite inferior mediano, pois apresenta requisitos como pouca circulação centralizada assim como um acesso centralizado. Porém sua forma irregular e suas pequenas dimensões tornam a pontuação inferior. Em relação ao Índice de Flexibilidade, a pontuação é mediana pelo uso de algumas estratégias que permitem explorar a residência apesar das suas dimensões.

Tabela 7.17 – Critérios construção Bau 727.

Bau 727							
	1A	1A	1B	1B	1C	1D	1D
Critério	Geometria Paredes	Geometria Compacto	Circulação Área	Circulação Tipo	Área Útil/Constr.	Hierarquia	Proporção Usos
Pontuação	13,00	1,32	0,02	0,84	0,83	0,45	0,28
Classificação	Ruim	Médio	Bom	Bom	Médio	Ruim	Ruim
Condição	1,5		3		2		1
Importância	11,00%		9,49%		8,32%		10,05%
Desempenho	0,17		0,28		0,17		0,10
	1E	1F	1G	1H	1I	1J	1K
Critério	Pé-direito	Apoio	Estrutura	Vedação vertical	Aberturas	Acessos	Revestimentos
Pontuação	2,80	5,00	0,33	0,04	0,19	0,76	0,00
Classificação	Bom	Ruim	Ruim	Ruim	Bom	Bom	Bom
Condição	3	1	1	1	3	3	3
Importância	8,95%	8,20%	9,31%	8,75%	8,97%	9,44%	7,46%
Desempenho	0,27	0,08	0,09	0,09	0,27	0,28	0,22
Índice de Adaptabilidade 2,02							

Fonte: A autora.

Tabela 7.18 – Critérios estratégias Bau 727.

Bau 727					
	2A	2B	2C	2D	2F
Critério	Espaços Indeterminados	Modularidade	Mobiliário Multifuncional	Espaços multifuncionais	Planta Livre
Classificação	Não	Não	Não	Sim	Não
Condição	0	0	0	1	0
Importância	8,80%	10,40%	10,31%	10,92%	10,79%
Desempenho	0,00	0,00	0,00	0,11	0,00
	2G	2H	2I	2J	2K
Critério	Zona técnica e de serviços	Expansibilidade	Componentes Layers	Acesso Manutenção	Flexibilidade de componentes
Classificação	Parcial	Não	Não	Sim	Não
Condição	0,5	0	0	1	0
Importância	9,04%	10,28%	9,15%	10,53%	9,78%
Desempenho	0,05	0,00	0,00	0,11	0,00
Índice de Flexibilidade 0,26					

Fonte: A autora.

7.9 Nautilus Parque II

7.9.1 Apresentação

Projetado por Alcino Soutinho o Nautilus Parque, localizado em Matosinhos (Figura 7.34), é um empreendimento que foi dividido em três fases (Nautilus I, II e III), com início em aproximadamente 2010 transcorrendo até o ano passado. O Nautilus II possui seis pavimentos (Figura 7.35) com apartamentos de dois, três e quatro dormitórios, entre 80m² e 170m². Privilegiando a luz, o edifício está a poucos metros do acesso ao parque da cidade do Porto e do mar (MCAetano, 2019).



Figura 7.34 – Localização edifício Nautilus Parque II.
Fonte: Google Maps, 2020.



Figura 7.35 – Imagens externas edifício Nautilus Parque II.
Fonte: Google Street View, 2020.

Para o caso de estudo, foi selecionado o apartamento de 170 m² (Figura 7.36) com quatro dormitórios (um deles suíte com closet), uma casa de banho, um lavabo, sala de estar integrada com a sala de jantar, hall, circulação, cozinha, lavanderia e

varanda. Com exceção das casas de banho, lavabo e closet, todos os cômodos possuem iluminação e ventilação natural.

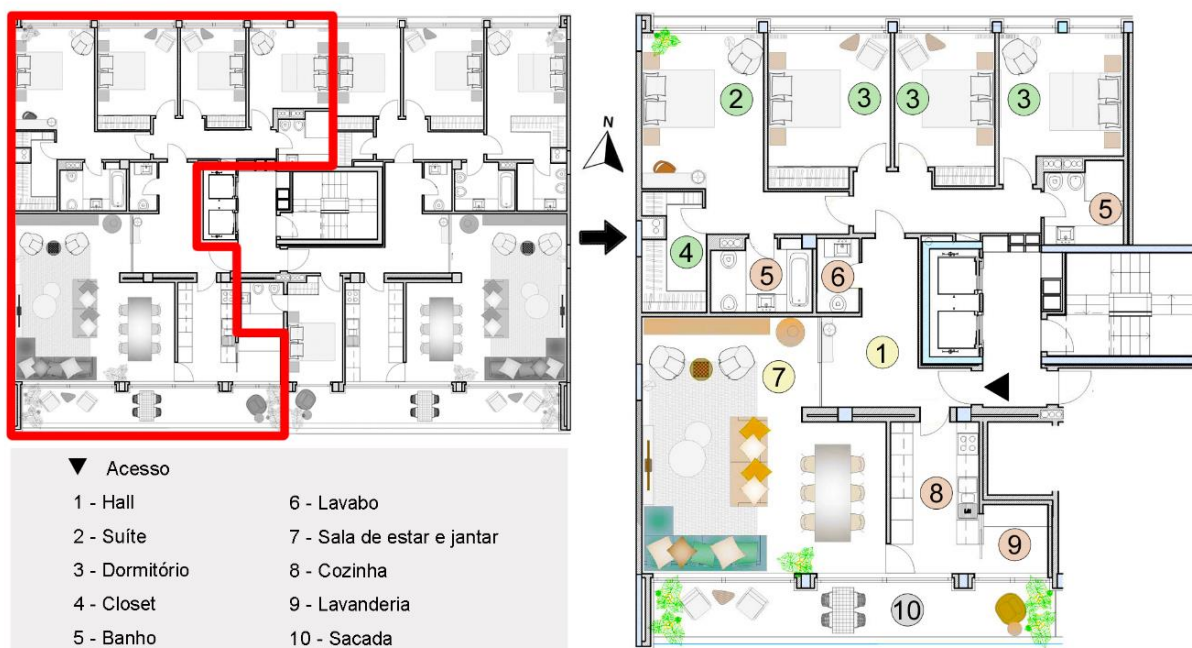


Figura 7.36 – Planta baixa Nautilus Parque II. Nomenclatura cores: amarelo – setor social, verde – setor privado, vermelho – setor serviço.

Fonte: Adaptado de MCaetano, 2019.

Sua estrutura é em concreto armado e suas paredes externas são duplas em tijolo cerâmico, com caixa ar e isolamento térmico/acústico. As paredes internas são de alvenaria simples com tratamento acústico. Pelas características diferenciadas de materiais, a opção deste apartamento distingue-se na organização “alongada” em planta e pelas dimensões e quantidades de cômodos.

7.9.2 Análise

Considerando a envoltória (Figura 7.37), o apartamento possui concentrado em uma de suas faces vários recortes decorrentes da área comum de acesso, composto pelas escadas e ascensores, e o outro apartamento que compõem o mesmo andar. Apesar da pontuação baixa (Tabela 7.19), o projeto é relativamente compacto justamente pela concentração desses recortes em um único lado da envoltória. As dimensões e a disposição do Hall permitem algumas alterações, portanto, não foi considerado como circulação, o que gera um resultado positivo para

a área real de circulação. Em contraposição, a localização da circulação na porção superior reduz a pontuação.

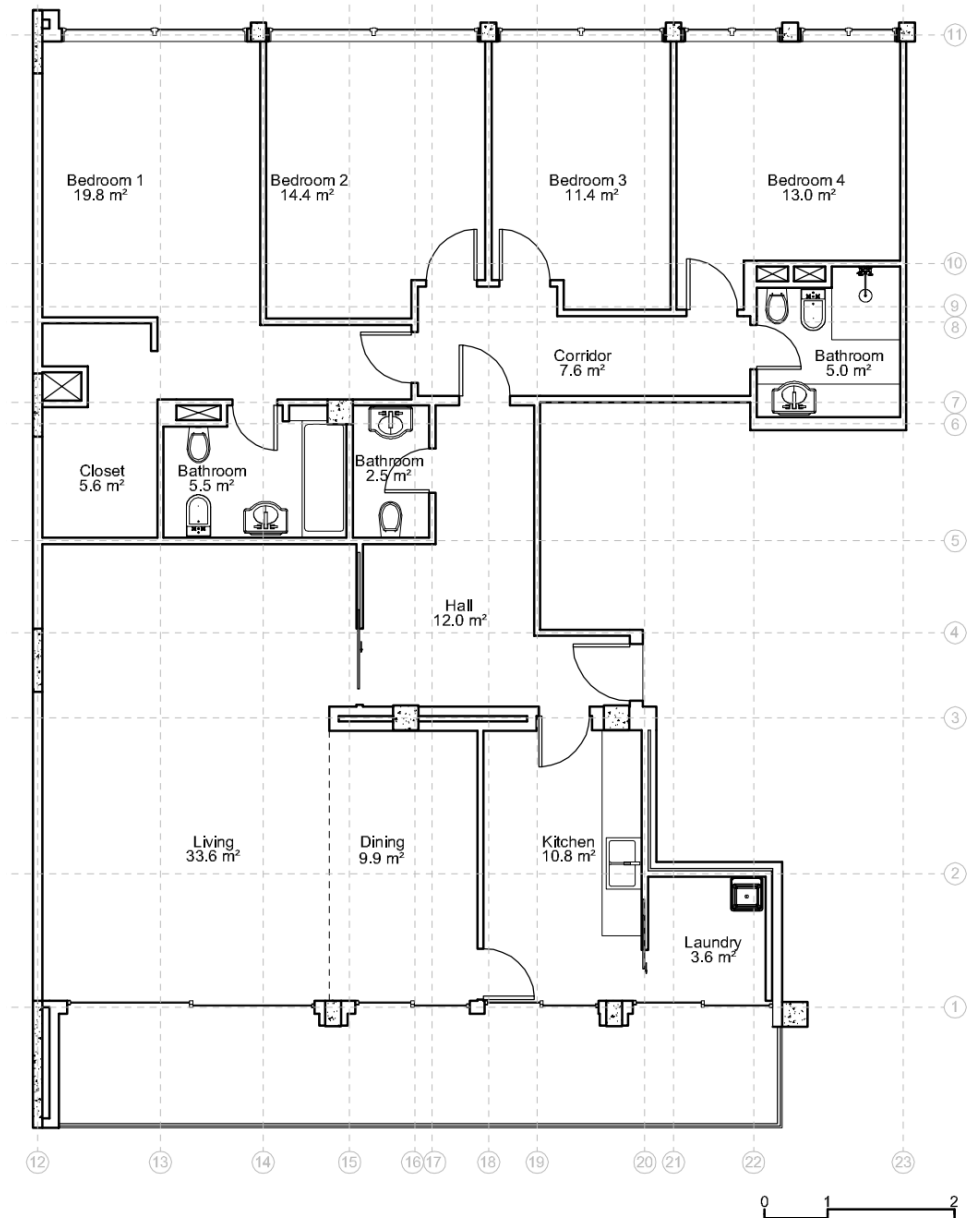


Figura 7.37 – Planta baixa Nautilus II no Revit.
Fonte: Adaptado de MCAetano, 2019.

Com dimensões generosas, a habitação possui boa pontuação para área útil mesmo que não existam divisórias. A setorização dos compartimentos indica alta hierarquização, o que pode ser notado, por exemplo, pela diferença de área entre a sala de estar e os dormitórios. Porém, a proporção dos usos é mediana, o que aumenta a pontuação final no quesito.

Existem consideráveis paredes com tubulação hidrossanitária, principalmente pela distribuição no projeto das casas de banho e do setor de serviço. A estrutura recebe pontuação mediana, mesmo que na distribuição horizontal existe regularidade o mesmo não acontece na distribuição vertical, pelo formato mais irregular na metade inferior quando comparada na metade superior. O único acesso recebe uma boa pontuação, encontra-se centralizado e desempenha uma boa distribuição dos espaços.

Na Tabela 7.20 verifica-se o uso de espaços multifuncionais (sala de estar e jantar) assim como acesso à tubulação por “Shafts” (Coretes). No projeto é possível a integração da sala de estar e jantar com a cozinha e a integração de alguns dormitórios, até mesmo uma remodelação do seu dimensionamento, o que possibilita a criação de alguns usos diferenciados.

Com um Índice de Adaptabilidade alto, o projeto ganha vantagem pelos generosos espaços e pela forma relativamente compacta e pouca circulação. Sua desvantagem está nos diferentes núcleos da zona de serviço que criam as diferentes paredes com tubulações, que restringem significantes modificações. O Índice de Flexibilidade tem resultado mediano, com a existência de poucos elementos que flexibilizem o projeto.

Tabela 7.19 – Critérios construção Nautilus Parque II.

Nautilus Parque II							
	1A	1A	1B	1B	1C	1D	1D
Critério	Geometria Paredes	Geometria Compacto	Circulação Área	Circulação Tipo	Área Útil/Constr.	Hierarquia	Proporção Usos
Pontuação	18,00	1,27	0,05	0,69	0,90	0,48	0,18
Classificação	Ruim	Médio	Bom	Médio	Bom	Ruim	Médio
Condição	1,5		2,5		3		1,5
Importância	11,00%		9,49%		8,32%		10,05%
Desempenho	0,17		0,24		0,25		0,15
	1E	1F	1G	1H	1I	1J	1K
Critério	Pé-direito	Apoio	Estrutura	Vedação vertical	Aberturas	Acessos	Revestimentos
Pontuação	2,80	6,00	0,21	0,00	0,19	0,75	0,00
Classificação	Bom	Ruim	Médio	Ruim	Bom	Bom	Bom
Condição	3	1	2	1	3	3	3
Importância	8,95%	8,20%	9,31%	8,75%	8,97%	9,44%	7,46%
Desempenho	0,27	0,08	0,19	0,09	0,27	0,28	0,22
Índice de Adaptabilidade 2,20							

Fonte: A autora.

Tabela 7.20 – Critérios estratégias Nautilus Parque II.

Nautilus Parque II					
	2A	2B	2C	2D	2F
Critério	Espaços Indeterminados	Modularidade	Mobiliário Multifuncional	Espaços multifuncionais	Planta Livre
Classificação	Não	Não	Não	Sim	Não
Condição	0	0	0	1	0
Importância	8,80%	10,40%	10,31%	10,92%	10,79%
Desempenho	0,00	0,00	0,00	0,11	0,00
	2G	2H	2I	2J	2K
Critério	Zona técnica e de serviços	Expansibilidade	Componentes Layers	Acesso Manutenção	Flexibilidade de componentes
Classificação	Não	Não	Não	Sim	Não
Condição	0	0	0	1	0
Importância	8,80%	10,40%	10,31%	10,92%	10,79%
Desempenho	0,00	0,00	0,00	0,11	0,00
Índice de Flexibilidade 0,21					

Fonte: A autora.

7.10 Conclusões

A comparação entre os Índices de Adaptabilidade e Flexibilidade de todos os casos de estudo são visualizados na Tabela 7.21:

Tabela 7.21 – Tabela comparativa Índices de Adaptabilidade e Flexibilidade

Projeto	Índice de Adaptabilidade	Índice de Flexibilidade
Franklin	2,39	0,15
Flores	2,21	0,20
Prudência	1,96	0,30
Dappeerppurt	2,02	0,29
Lúcia	2,13	0,15
Odivelas Original	1,96	0,15
Odivelas Reforma	1,83	0,35
Vista da Montanha	1,73	0,21
Bau 727	2,02	0,26
Nautilus Parque II	2,20	0,21

Fonte: A autora.

Os projetos que apresentaram Índice de Adaptabilidade alto (Franklin, Casa de Las Flores e Nautilus Parque II) obtiveram pontuação aproximada em cerca de metade dos seus critérios, diferenciando-se, principalmente, nos critérios Hierarquia/Proporção, Apoio, Vedações verticais e Acessos. Esses critérios foram responsáveis pela classificação final do Índice, assim como pela distinção mais alta do apartamento Franklin para a Casa de Las Flores e o Nautilus Parque II. Os Índices de Flexibilidade foram extremamente semelhantes, diferenciando-se nos critérios Espaços multifuncionais, Planta Livre e Zona Técnica e de Serviços.

No caso dos projetos com Índice de Adaptabilidade médio existe um certo padrão entre Dapperbuurt e Bau 727, com diferença nos critérios Geometria, Circulação, Área útil/construída e Apoio. A residência Lúcia possui uma flutuação na comparação dos critérios quando comparado à dupla, onde o critério com maior distinção entre os três foi Acessos seguido por Circulação, Apoio, Estrutura e Aberturas.

Para o Índice de Flexibilidade são encontradas semelhanças entre o apartamento Lúcia e o Bau 727 com Espaços Multifuncionais e Zona Técnica e de Serviços, excluindo-se o Acesso Manutenção, já o Nautilus Parque II recebe pontuação maior pela Zona Técnica e de Serviços, Acesso Manutenção e Flexibilidade componentes.

Nos projetos com Índice de Adaptabilidade baixo existe um padrão entre os apartamentos Odíveas reformado e o Vista da Montanha, os quais possuem pontuação diferente somente nos critérios Geometria, Apoio e Estrutura. O apartamento Prudência ficou mais bem colocado entre os três, com pontuação inferior ou igual nos critérios Geometria, Apoio e Estrutura. Assim como pode ser visto no resultado do índice de Flexibilidade, ocorreu discrepância entre os critérios havendo somente semelhança nos Espaços Multifuncionais.

De modo geral, a comparação entre os Índices de Adaptabilidade e Flexibilidade revela que não existe uma correlação, ou seja, cada um dos índices trabalha de forma independente. Uma habitação com pontuação alta para adaptabilidade poderá ter uma flexibilidade baixa, média ou alta e vice-versa. Os índices correspondem com a análise individual para cada projeto, descrevendo qualitativamente as informações retiradas dos seus desenhos.

Cabe ressaltar que as maiores importâncias no Índice de Adaptabilidade são os critérios da geometria, que inclui o Geometria Paredes e o Geometria Compacto, e o conjunto dos critérios Hierarquia e Proporção Usos. Portanto, a forma da habitação na sua envoltória e a forma como está ordenado o seu interior são os fatores principais do projeto para proporcionar a modificação da habitação. Para o Índice de Flexibilidade, os Espaços Multifuncionais e a aplicação da Planta Livre são os critérios mais favoráveis como estratégia para assegurar a flexibilidade.

O algoritmo desenvolvido avalia o potencial dos projetos apresentados nos casos de estudo. Os índices formam um sistema baseado nas metodologias encontradas no meio científico, conforme comentado na seção 4.1. Os casos de estudo buscam validar o algoritmo e os índices por meio da metodologia que esta investigação propõe, um processo com visão futura para contribuir na academia e na arquitetura na resolução de problemas projetuais.

As análises de cada caso de estudo estão direcionadas para a adaptabilidade e a flexibilidade, entretanto, é notável que na arquitetura existem outros fatores como orçamento, materiais disponíveis e aspectos culturais, os quais influenciam o projeto habitacional. Os índices trabalham como referência para a tomada de decisões do arquiteto, uma ferramenta base que precisa do conhecimento técnico de quem projeta para gerar resultados que correspondam as expectativas de quem habita.

CAPÍTULO 8

TRANSFORMAÇÃO COM TECNOLOGIA

Existem diversos elementos que influenciam a composição e projeção de uma habitação, como técnico-financeiras, legislação, conceito e público-alvo¹¹. Para que alterações possam ocorrer no futuro, é essencial um bom planejamento, direcionado para a adaptabilidade e a flexibilidade. Dois componentes importantes são a escolha dos materiais das vedações verticais e do tipo de estrutura, assim como a relação entre eles. Os materiais também estão associados com a forma e organização dos espaços em planta baixa, a partir dos quais, consequentemente, influenciam elementos, não menos importantes, como os sistemas elétricos e hidráulicos.

A necessidade de compatibilização entre todos os subsistemas de uma construção (estrutural, vedações verticais, revestimentos, cobertura, elétrico e hidráulico) demonstra a estreita conexão e a importância do prévio planejamento pelo arquiteto e todos os outros profissionais associados à obra. O maior ganho para a adaptabilidade e flexibilidade de uma habitação é ser pensada nesse sentido e potencializada para as modificações futuras.

Ao tratarmos do objeto construído, pouco poderá ser alterado quando existem restrições impostas pelo projeto original. Logo, é ressaltada a importância da reflexão sobre o habitar, a qual recai somente no arquiteto. Além de compreender a parte técnica e social, a construção do habitar deve ser percebida por todos os profissionais que envolvem uma edificação¹².

Para determinar como a transformação com tecnologia pode proporcionar adaptabilidade e flexibilidade da habitação construída, são analisadas as inovações tecnológicas aplicadas nos dois casos de estudo com as piores pontuações no Índice de Adaptabilidade, correspondentemente Odivelas e o Vista da Montanha. Apesar dos avanços tecnológicos, a falta de planejamento não pode ser compensada e somente o Índice de Flexibilidade é mais simples de ser modificado em construções existentes. Inicialmente são apresentadas as alternativas para tornar o espaço do apartamento mais suscetível às mudanças e, posteriormente, as tecnologias aplicáveis para os dois casos.

¹¹ Ver Oliveira (2015), Villa (2020).

¹² Kowaltowski et al. (2019) e Schmidt III; Austin (2016).

Conforme literatura científica e o diagnóstico aplicado no Capítulo 5 com os profissionais arquitetos, foi constatado alguns aspectos que devem ser examinados para avaliar um elemento tecnológico na sua contribuição para adaptabilidade e flexibilidade da habitação. Os aspectos são: dimensão, complexidade de instalação e uso, existência de modularidade para ajuste de medidas e formas, exigência de manutenção e as funções alcançadas pela tecnologia.

No apartamento Vista da Montanha assim como no Odivelas, dentro das limitações existentes em cada caso, deve ser trabalhada a redução de circulações, o aumento do potencial de se criar espaços ou possibilitar a flexibilização de atividades. É relevante lembrar que nesta investigação o foco é adaptabilidade e flexibilidade nos projetos, não cabe criticar os projetos e as decisões escolhidas por cada arquiteto, mas sim estudá-los sob a ótica indicada.

Como proposto pelo arquiteto, a reforma no apartamento Odivelas permitiu liberar e ampliar o espaço por meio da integração da cozinha, sala de estar e sala de jantar. A lavanderia foi deslocada para um novo cômodo, a casa de banho foi ampliada e um dos dormitórios foi transformado em escritório. A proposta agora é tentar flexibilizar ao máximo o apartamento e aplicar tecnologias recentes.

A sugestão é reduzir a casa de banho (Figura 8.1) novamente ao seu formato original e as paredes internas convertidas para divisórias leves e/ou móveis que possam ser associadas com outras funções. A cozinha retorna a sua parede hidráulica original assim como a lavanderia próxima à janela, de forma que ocupem menos espaço no apartamento. Para manter a privacidade da lavanderia e cozinha, sem prejudicar a iluminação, podem ser utilizados elementos de vidro e outros materiais que permitam a privacidade ou a total translucidez do ambiente.

No apartamento Vista da Montanha, para desvincular o espaço e simplificar a inclusão de materiais mais leves que possam organizar o apartamento em mais de uma opção, a alternativa é integrar a sala de estar e jantar com a cozinha e o hall. Como visto na Figura 8.2, a suíte é invertida com o dormitório adjacente e o terceiro dormitório tem sua parede parcialmente removida, ampliando o espaço livre e criando potencial para que o mesmo possa ser explorado pelo usuário.

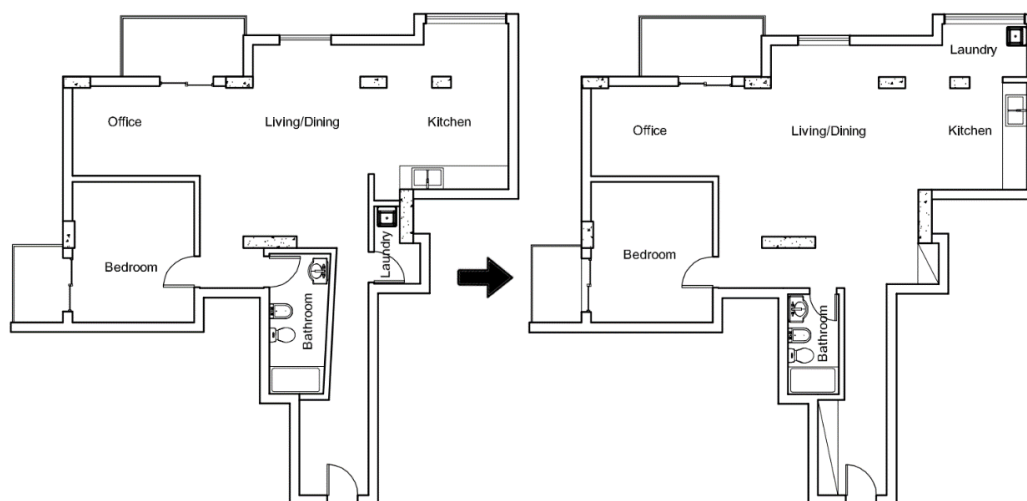


Figura 8.1 – Odivelas projeto original e com alterações
Fonte: Adaptado de Marcelino, 2020.

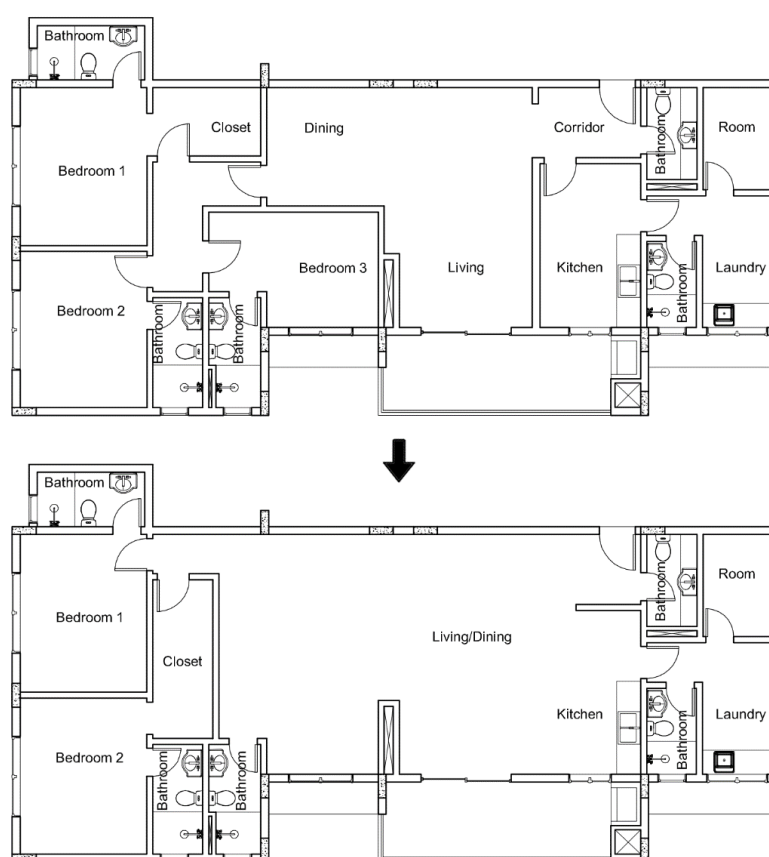


Figura 8.2 – Vista da Montanha projeto original e com alterações
Fonte: Adaptado de Vista da Montanha, 2019.

Entre as tecnologias aplicáveis há o Adaptive Fritting (Figura 8.3), que separa os cômodos sem ocupar espaço, já que é basicamente composto por lâminas de vidro, com instalação simples e utilização simples. Os painéis são modulares e podem ser adaptados para algumas dimensões (Hoberman, 2018). A desvantagem é a manutenção, que deverá ser pouco simples e exige a retirada do produto para troca ou conserto. Na funcionalidade, a tecnologia motorizada se restringe a separar os ambientes e alterar a privacidade/translucidez entre eles.

A utilização de uma divisória como a Everblock ou a M923, que é montável e desmontável, aumenta a utilização dos espaços (EverBlock, 2018; Maars, 2020). As relações de privacidade e de interação podem ser rapidamente modificadas pelos materiais de fácil montagem e encaixe, os quais dispõem de cores variadas, com controle total do usuário. Como visto na Figura 8.4, a divisória poderá alterar a relação do dormitório com a sala de estar/jantar, criando um outro dormitório ou escritório. O usuário “brinca” com o modo que o seu habitat se modifica.

O Everblock é um material simples, composto por módulos que são facilmente montados e alterados. Sua dimensão, similar a um bloco cerâmico, compensa pela baixa manutenção e pela praticidade que pode ser aplicada pelos usuários. Everblock tem a vantagem de ser aplicado como divisória ou mobiliário, constituindo um elemento final totalmente fechado ou vazado. No caso do M923 a dimensão será menor e seus componentes de ajuste permitem que a instalação seja feita em diferentes alturas. Os módulos permitem a troca por cores e transparências.

Como solução alternativa, um divisor multifuncional como o CityHome poderá integrar a cama e os arrumos e liberar todo o espaço do dormitório, gerando uma área livre no interior da habitação com somente a separação da casa de banho (CityHome, 2018). O uso do City Home pode estar associado ao Wallbot para criar outros cômodos (RADLab, 2018). Ambos controlados por robótica são facilmente alterados. A divisória URhouse é igualmente um elemento que poderá ser inserido, totalmente controlado por Smartphone (Hyperbody, 2018).

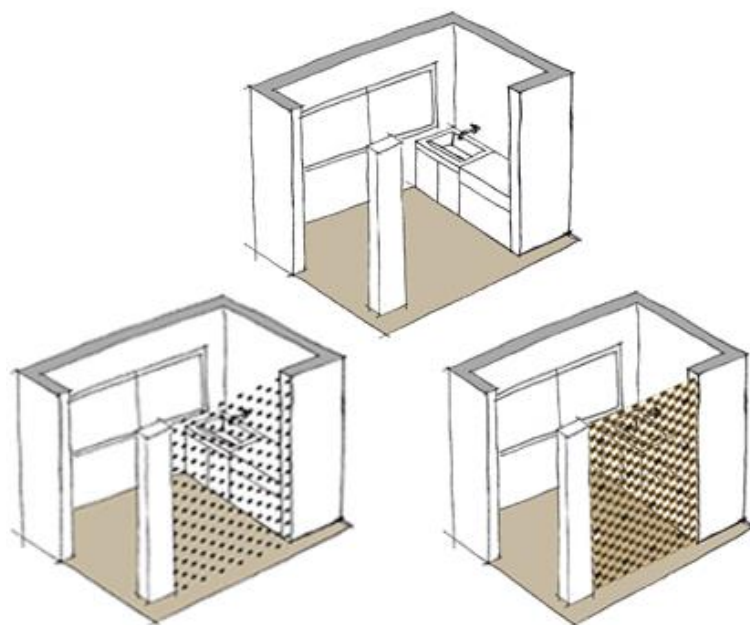


Figura 8.3 – Perspectiva lavanderia apartamento Odivelas com uso da divisória Adaptive Fritting.
Fonte: Desenho base da autora, tecnologia adaptado de Hoberman, 2018.

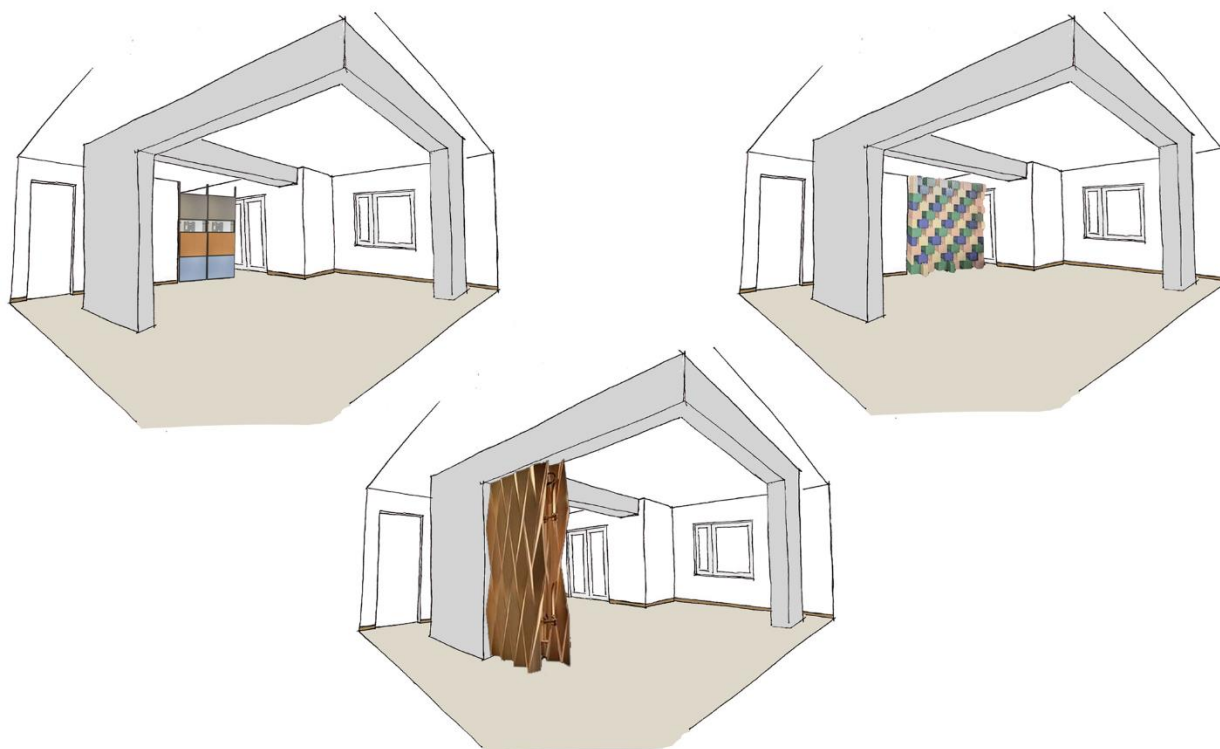


Figura 8.4 – Perspectiva da circulação para a sala de estar/jantar do projeto Odivelas com as divisórias MI23, EverBlock e Wallbot.
Fonte: Desenho base da autora, tecnologia adaptado de EverBlock, 2018; RadLab, 2018; Maars, 2020.

Apesar das várias funcionalidades do CityHome como mobiliário e divisória, as grandes dimensões ocupam espaço, o que é visto na Figura 8.5. Seu tamanho é limitado e não é possível expandi-lo ou reduzi-lo, já que se trata de um núcleo pronto com atribuições pré-estabelecidas. Apesar do comando por gestos e Smartphone, não é uma tecnologia prática, necessitando um conhecimento base para utilização. A manutenção, do mesmo modo, exige conhecimento técnico especializado e poderá ter um custo relativamente alto.

Já o Wallbot ocupa um espaço mediano, porém em módulos, que são trabalhados em grupos ou isoladamente. Seu uso requer o Smartphone para ativá-lo, com interação prática, porém a manutenção requer certo cuidado. Sua funcionalidade se limita a separar os ambientes. A URHouse obtém como vantagem maior praticidade nos seus módulos, além da forma que pode ser ortogonal ou orgânica. A manutenção encontra-se em um patamar intermediário, por se tratar de peças mecânicas, com funções divididas em mobiliário e divisória.

A diferença no uso do CityHome ou do Wallbot, quando comparadas a um mesmo modelo de mobiliário ou divisória móvel, é o seu controle automatizado por aplicativos de Smartphone, sem necessariamente a presença física no local, ou por gestos que reduzem o esforço e aproveitam melhor o tempo do usuário. Os avanços da tecnologia e, principalmente da IoT permitem o agrupamento de funções que necessitam de um objeto físico e específico. Por exemplo, anteriormente, todas as casas necessitavam ter um telefone fixo, que exigia um mobiliário específico para apoiá-lo.

Um computador ocupava espaço com cada um dos seus periféricos (monitor, processador, teclado e rato) assim como outros elementos de escritório ou mesa de trabalho como fax, impressora, papéis e livros que registravam todos os dados (que conseqüentemente exigiam outros materiais). Estantes e organizadores para disquete, fita cassete, VHS, Vinil, CD e DVD já são raros, assim como os seus equipamentos.

Atualmente, os componentes estão integrados em um único objeto, como notebook e smartphones, ou foram reduzidos em suas dimensões para eletrônicos como desktops e aparelhos de som, imagem e armazenamento que utilizam o TI para a comunicação e troca de dados, sem a existência de fios e de localização fixa.

Efeitos de som e luz e adaptação por aproximação são outros dos recursos disponíveis, como por exemplo, o Kinetic Wall e o Smart-i-Wall, os quais ajudam o usuário a criar ambientes, como exemplificado na Figura 8.6 (Leva Engineering, 2020; Lliko-S, 2020).

O Smart-i-Wall ocupa menos espaço que o Kinetic Wall e possui mais funções, além de divisória são projetados e visualizados elementos sob superfície. A kinetic Wall trabalha com a privacidade e troca de visuais, além de reagir ao usuário. As duas exigem manutenção e cuidado técnico para uso.

A tecnologia modifica a necessidade de existência de alguns espaços, enquanto, antigamente, as lavanderias eram coletivas nas habitações sociais, por questões econômicas e culturais, atualmente, o acesso à máquina de lavar permite que a maioria delas esteja inserida em cada unidade habitacional. Em contrapartida, alguns empreendimentos imobiliários para classes sociais com maior renda optam pela lavanderia coletiva como forma de se aproveitar melhor o espaço social e privado dos usuários e como tendência social por parte dos residentes que optam por destinarem a lavagem de suas roupas a um serviço comercial privado.

Como pode ser visto na Figura 8.7, o uso de tecnologias como o Thread Robe possibilita a integração da cozinha com a lavanderia, uma vez que o protótipo abriga em seu interior as tarefas de lavar, passar e dobrar sem prejudicar e ocupar o seu entorno. Assim, o mercado consegue oferecer opções para as que as diferentes preferências dos clientes sejam atendidas.

Outro exemplo que integra mobiliário são o Spyndi e o Live OS (HermanMiller, 2018; Spindy, 2020). No caso do Spyndi, os módulos podem ser agrupados ou separados para criar outras formas. Com um sistema simples, o material é de fácil aplicação e praticamente não requer manutenção. Já no caso do Live OS, os mobiliários já estão estabelecidos por fábrica, o que altera é o ajuste ao usuário, limitando o uso para outras funcionalidades.

Nos interiores, os mobiliários aparecem como objetos que cumprem sua função e são manipuláveis para cumprir outras funções, transformando-se em outros objetos para maximizar a sua utilização. Além da redução na dimensão e na integração de vários objetos, efeitos gráficos de projeção ampliam a forma de se perceber a habitação e sua funcionalidade.

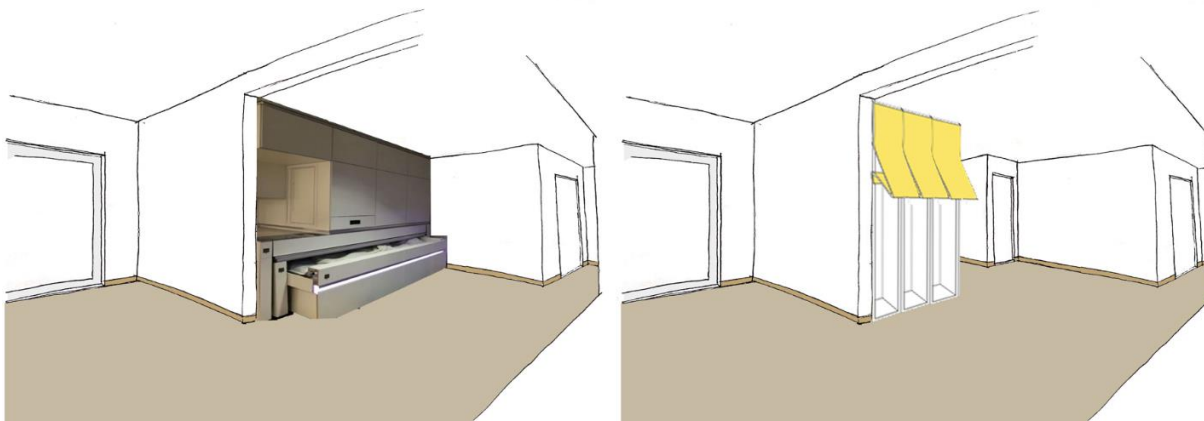


Figura 8.5 – Perspectiva da sala de estar/jantar para a porção dos dormitórios no projeto Vista da Montanha com o uso do CityHome e URHouse.

Fonte: Desenho base da autora, tecnologia adaptado de CityHome, 2018; Hyperbody, 2018.

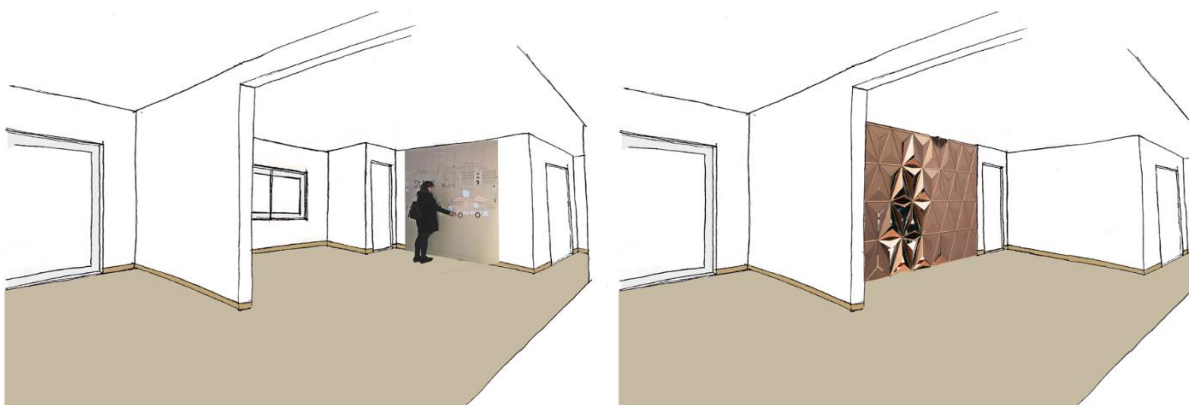


Figura 8.6 – Perspectiva da sala de estar/jantar para a porção dos dormitórios no projeto Vista da Montanha com o uso de paredes interativas.

Fonte: Desenho base da autora, tecnologia adaptado de Dalziel&Pow, 2018; Leva Engineering, 2020.

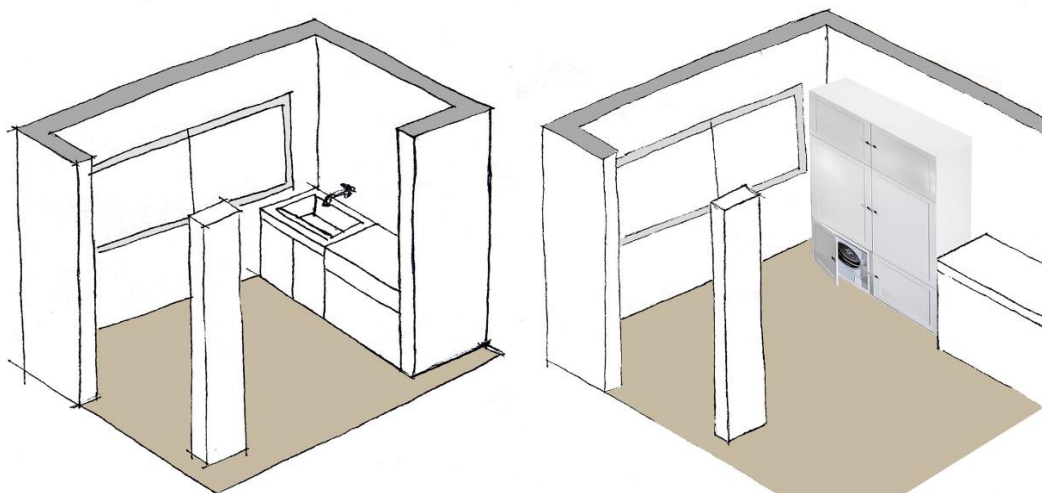


Figura 8.7 – Perspectiva lavanderia do apartamento Odiveias antes e após uso do Thread Robe.

Fonte: Desenho base da autora, tecnologia adaptado de Cheng, 2017.

Com o uso dessas novas tecnologias, a habitação não exige presença física no cômodo ou até mesmo no habitat para realizar tarefas. Tudo pode ser programado anteriormente, conforme o usuário deseja. Cores, imagens e interações são realizadas em uma superfície simples, com pequenos aparelhos eletrônicos, como é o caso da T Technology e a parede interativa de Dalziel&Pow (Dalziel&Pow, 2018; FutureLab, 2018).

Adicionalmente à percepção física de mudança, é importante destacar a percepção sensorial do espaço, seja por elementos visuais, sonoros ou táteis, que promovem o estímulo ambiental, principalmente nas situações de isolamento social. As tecnologias proporcionam uma nova forma de se relacionar com o habitat, por meio do aumento do controle por parte do usuário.

A integração do habitar tem sobreposto atividades, o que diminui a necessidade de cômodos específicos para cada ação. Os dormitórios são uma espécie de habitação privada, onde existe mais que o local de dormir, é o local de trabalhar, vestir, comer e lazer, assistindo televisão ou interagindo com jogos e acessórios. A cozinha integrada com a sala de estar e jantar, onde se misturam o Home Office e o local para as visitas repousarem.

Outra forma de habitar, que influencia na adaptabilidade é o conceito do co-housing. A convivência em grupo e as atividades sociais compartilhadas, o morar restringe-se aos usos privados. Ganha-se em espaço externo e diminui-se o espaço interno.

A nanotecnologia e os seus nanomateriais estão cada vez mais inseridos na construção civil. Materiais com potencial de recuperação de falhas, autolimpeza, isolantes térmicos e de extrema resistência. Um dos materiais destaque é o carbono, que a partir dos nanotubos podem criar estruturas que ocupam menos área, mais leves e mais duráveis (Leydecker, 2008). Ainda não há a aplicação desses materiais para a transformação direta do espaço, entretanto, o aprofundamento de como aplicá-los levanta a questão de como estarão mais presentes no futuro.

Na robótica são visualizadas, igualmente, as primeiras tentativas da construção de outras formas de organização dos espaços. No caso do MIT Media Lab, o projeto inFORM que consegue renderizar tridimensionalmente para o meio físico informações digitais e interagir com usuários. O inFORM atualmente é aplicado

em modelagens de terrenos e projetos arquitetônicos, porém a ideia é estender a sua utilização (Leithinger et al., 2013). O Design Research Laboratory da Architectural Association School trabalha no Hypercell, um sistema de cubos que individualmente agrupam, rolam e unem para criar estruturas (Sayed et al., 2015).

Portanto, é perceptível o esforço de arquitetos, pesquisadores e instituições de ensino para incorporar a tecnologia nas construções, de modo a criar realidades e acompanhar os novos modos de habitar que estão surgindo. Explorar possibilidades nos materiais e nos meios digitais, para gerar novas formas de compreensão dos espaços da habitação, configuram o viés que as inovações tecnológicas têm buscado.

Objetos que rapidamente são convertidos para que sejam usados de múltiplas formas, simples na sua interface e interação, são os recursos básicos para que o usuário tenha incentivo para a personalização da sua residência, sem depender de mão-de-obra qualificada e com economia de tempo. A tecnologia traz leveza, velocidade e opções para o cliente, mas cabe ao arquiteto dimensionar adequadamente e guiar a escolha do que é melhor para cada caso.

Ainda, a relação do interior com o exterior, a possibilidade de alterar a localização das janelas e como o espaço exterior está integrado ao contexto residencial. Além do Bloomframe Window e More Sky, o desenvolvimento de sistemas como o Pixel Facade (Figura 8.8) que permite a integração total ou parcial com o exterior e a utilização de elementos vegetais na composição da fachada, alteram como o edifício no todo é percebido do exterior para o interior (Bloomframe, 2018; Garcia, 2018; Abdallah, 2018).

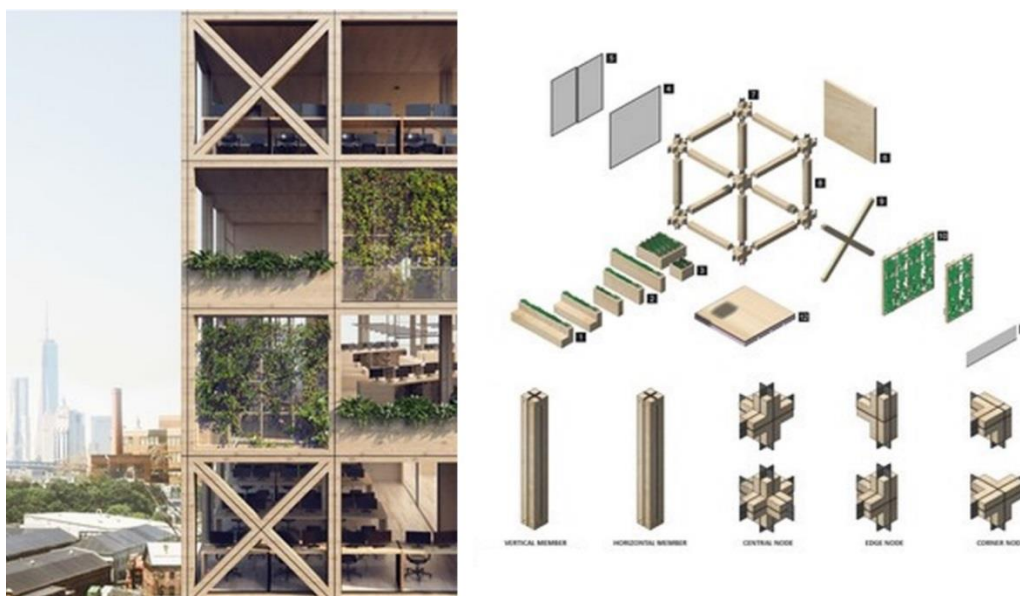


Figura 8.8 – Pixel Façade.
Fonte: Adaptado de Abdallah, 2018.

São tecnologias relativamente simples e de fácil utilização, as quais não requerem manutenção pesada e possibilitam trabalhar a troca com a parte externa da edificação. Os cômodos próximos à envoltória podem, no futuro, serem pensados para expandir e retrair, por meio dessas flexibilizações de fachada e de fenestrações. As cidades, que igualmente estão cada vez mais informatizadas, alteram a relação dos espaços fechados da casa com o externo, como forma de constituir e adentrar as atividades que são desenvolvidas internamente.

As inovações tecnológicas associadas à reflexão sobre os critérios dos Índices de Adaptabilidade e de Flexibilidade, estendendo a ponderação sobre o grau de importância de cada um desses critérios, incorporam o repertório do arquiteto como ferramenta para aprofundar e auxiliar a tomada de decisão no desenho de uma habitação que recepcione os seus residentes ao mesmo tempo que ampara as transformações que ocorrerão ao longo do tempo.

CAPÍTULO 9

CONCLUSÕES

Ao longo dos anos, a flexibilidade e adaptabilidade na habitação são estudadas pelos arquitetos como resposta às diferentes composições familiares e modos de vida. O tema sempre foi um desafio, que gera debates sobre as várias questões que envolvem o habitat e como projetar para seus residentes. Esses debates se estendem uma vez que, as habitações devem ser modificadas concomitante com o contexto que também se altera¹³.

Aspectos culturais, que envolvem as relações familiares privadas e sociais, evidenciam que cada caso deve ser analisado individualmente¹⁴, conforme as tecnologias disponíveis em cada época e em cada região. Com a transformação da economia, da comunicação e socialização mundial, a globalização ampliou o acesso e a distribuição de tecnologias, apesar de dependerem da disponibilidade de renda para compra e aplicação.

Somado às tecnologias, a definição do que é adaptabilidade e flexibilidade é controversa e se modifica na arquitetura, refletindo na forma como as habitações são projetadas e construídas. Ainda que existam disparidades, o projeto pode ser analisado e direcionado para a adaptabilidade e flexibilidade em menor ou maior grau. A evolução das tecnologias insere novos materiais e processos construtivos tornando a prática mais simples e rápida no setor imobiliário¹⁵. Nota-se que o conhecimento técnico amplia as opções de como projetar e como aproximar o usuário do resultado final.

O objetivo principal desta investigação é avaliar a adaptabilidade e a flexibilidade do espaço residencial e os efeitos das tecnologias na transformação dos modos de habitar. Com o levantamento das condicionantes aplicadas à habitação, que influenciam a adaptabilidade e flexibilidade da construção e dos espaços, foi possível desenvolver os índices de avaliação baseados nos atributos e na recolha de dados por algoritmo. O Índice de Adaptabilidade se refere à capacidade de adaptação, a aptidão de modificação, da transformação da habitação de um estado para outro.

¹³ Ver Otto (1979), Habraken et al. (1986), Brand (1994) e Schneider;Till (2007).

¹⁴ Conforme as investigações de Minami (2007), Kisnarini (2015) e Nadim (2016), as quais analisam o caso respectivamente de Tóquio, Indonésia e Egito.

¹⁵ Villa (2020).

O Índice de Flexibilidade é referente à capacidade de flexibilização, de modificações em escalas menores, que são alteradas de um estado para outro e que retornam posteriormente ao estado original sem maiores esforços. Está baseado em cenários, situações do cotidiano que exigem uma condição ou outra, rígidas e planejadas.

Apesar de os dois índices serem analisados separadamente, a questão da adaptabilidade e flexibilidade necessita ser trabalhada em conjunto, considerando a qualidade do espaço e de suas materialidades, assim como as premissas do habitante e do contexto aonde se insere.

A aplicação dos índices em estudos de caso permitiu identificar as deficiências dos projetos, para que fossem buscadas nas tecnologias atuais soluções que permitissem a flexibilização e adaptação das construções existentes. As tecnologias foram avaliadas para apresentar suas vantagens e desvantagens, como forma de verificar seu papel na flexibilidade e/ou adaptabilidade.

Os atributos de cada índice demonstram quais critérios interferem ativamente na habitação, auxiliando como ferramenta de base para análise prática de projetos em desenvolvimento e projetos construídos. Por conseguinte, os índices indicam quais são os pontos deficientes, que precisam ser mais bem trabalhados, e quais são os pontos favoráveis.

Como lições de arquitetura, a investigação identifica uma barreira na diferenciação da adaptabilidade e flexibilidade na habitação e, conseqüentemente, a dificuldade da sua compreensão pelo setor construtivo¹⁶. A consciência da construção como um objeto que não é estável, e necessita responder às modificações da sociedade em que se insere, ainda é pouco valorizada como qualidade espacial e imobiliária.

A redução crescente das áreas dos apartamentos, a falta de espaço nos centros urbanos e a obsolescência de construções existentes geram impactos na escala local como no planejamento urbano das cidades¹⁷. A revitalização de áreas abandonadas e vazias, que não atraem mais transeuntes e residentes, encontram benefícios em habitações que podem abrigar os diferentes modos de habitar.

¹⁶ Sinclair et al. (2012) e Pinder et al. (2016).

¹⁷ Remoy; van der Voordt (2016); Ross et al. (2016) e Villa (2020).

Principalmente no cenário atual de pandemia, a habitação tornou-se o local de maior permanência para trabalho, lazer e convivência do núcleo familiar. A importância da espacialidade e sua relação com o usuário e com espaços externos são destaque como nova perspectiva sobre o habitar. O valor da adaptabilidade e flexibilidade, por meio de novas tecnologias, encontra um forte meio de disseminação imobiliário no cenário pandêmico.

A inserção de novos materiais e técnicas de industrialização e produção permitiram que a modificação da habitação se desenvolva no meio físico e digital. A maior expressão está nas Tecnologias de Informação e Comunicação e robótica¹⁸, através da troca de dados, que integram os objetos físicos com o digital e agrupam atividades que antes exigiam mais espaço. Menores dimensões, maior praticidade de uso e instalação, e, principalmente, a modularização são as características almejadas pelos produtos que entram no mercado.

A dependência do espaço físico com objetos e acessórios para os interiores é cada vez menor e os materiais mais leves e resistentes concedem autonomia no uso e transformação dos apartamentos. O usuário ganha mais controle e a tecnologia responde rapidamente aos novos modos de habitar, por meio da independência de atividades que demandam tempo do habitante e complementam a capacidade de alteração e resposta na habitação¹⁹.

Ainda existem restrições na transformação dos espaços e algumas das tecnologias apresentadas aparecem como protótipos que precisam de desenvolvimento para chegarem a um produto que possa ser largamente utilizado por todos. É perceptível a tendência do digital como ferramenta que cria, temporariamente, novos espaços e traz novas sensações. Quando não é possível uma forma física de transformação, o digital atende parcialmente o desejo dos seus usuários.

No aspecto físico, as tecnologias têm se concentrado em divisórias leves e de fácil montagem, com trocas simples de cor e formato por meio da modularidade. A modularidade aparece como condição central em outros subsistemas da construção, como o subsistema estrutural, tanto pelos aspectos de fabricação e

¹⁸ Ver Cook; Das (2007) e Lelieveld (2013).

¹⁹ Exemplos de interatividade podem ser vistos em Intille (2002) e Labonnote; Høyland (2015).

economia, como forma de racionalizar a construção para evitar desperdícios e acelerar o tempo de construção.

Verifica-se que as condicionantes da construção e as estratégias utilizadas para a adaptabilidade e flexibilidade na habitação pelos arquitetos permanecem semelhantes ao decorrer do tempo, porém com aprimoramentos que estão relacionados à evolução tecnológica. Os fundamentos teóricos sobre como desenhar o espaço residencial seguem a mesma linha de pensamento, mas o modo como são aplicadas é distinto pela interpretação atual dos cenários sociais, econômicos e tecnológicos.

Os Índices de Adaptabilidade e Flexibilidade possibilitam identificar a relevância de áreas adequadas para os apartamentos assim como sua distribuição interna. Apesar da flexibilidade ser bem trabalhada em espaços mínimos, a adaptabilidade é prejudicada quando as dimensões são limitadas. Portanto, o algoritmo desenvolvido para a composição dos índices é uma ferramenta de auxílio no processo projetual do arquiteto e na reflexão da concepção da habitação como lugar que abriga e transforma-se conforme seu usuário.

A metodologia proposta nesta investigação é um método “aberto”, uma vez que pode ser aprofundado futuramente com a inserção de outros componentes e critérios para outros contextos da arquitetura. Esses contextos estão nas diferenças econômicas, culturais e tecnológicas da sociedade. Por se tratar de um campo de conhecimento relativamente novo, o algoritmo exige dedicação e estudo dos arquitetos para compreender a linguagem de programação, entretanto, contribui para o processo de melhoria no meio científico como ferramenta inovadora das novas tecnologias integradas ao cotidiano.

9.1 Contribuições científicas

Para a contextualização do problema tratado nesta investigação foram realizados levantamentos teóricos que exigiram sistematização dos conteúdos abordados na literatura. A sistematização dos conteúdos está apoiada na revisão literária e verificação do contexto científico da adaptabilidade e flexibilidade na habitação, a partir dos quais foram produzidos artigos para a contribuição na comunidade científica.

O Capítulo 2 aborda as definições de conceitos e retrata o aspecto histórico da adaptabilidade e flexibilidade, assim como examina as circunstâncias atuais do tema na habitação, que originaram os artigos a seguir:

- DE PARIS, S. R.; LOPES, C. N. L. Flexibilidade na habitação: um estudo comparativo cultural. 2º Congresso Internacional de História da Construção Luso-Brasileira - Culturas Partilhadas, v.2, p. 1009, 2016.
- DE PARIS, S. R.; LOPES, C. N. L. Flexibility through temporary construction: an unusual perspective. European Network for Housing Research - Governance, Territory and Housing, 2016.
- DE PARIS, S. R.; LOPES, C. N. L. Housing flexibility problem: Review of recent limitations and solutions. *Frontiers of Architectural Research*, v. 7, p. 80-91, 2018.
- DE PARIS, S. R.; LOPES, C. N. L. Adaptabilidade na habitação: uma discussão do contexto atual. *ARQUISUR Revista*, v. 10, p. 32-45, 2020.

O Capítulo 3 retrata a evolução e as inovações tecnológicas na construção civil, de modo que incentivaram a produção dos artigos:

- DE PARIS, S. R.; LOPES, C. N. L. Enhancing housing flexibility through collaboration. *CAADence in Architecture, Back to command*. p. 55, 2016.
- DE PARIS, S. R.; LOPES, C. N. L. Tecnologia na Habitação: Adaptando-se aos Novos Padrões de Morar. *A Cidade Habitada - 4º Congresso Internacional da Habitação no Espaço Lusófono*, p. 290-298, 2017

Os seis artigos derivados dos Capítulos 2 e 3 estão presentes indiretamente no Capítulo 4, onde há a definição dos critérios com base no levantamento de projetos arquitetônicos e na produção literária. A estruturação dos índices expostos no Capítulo 5 permitiram a elaboração de um artigo a ser submetido, conforme abaixo:

- DE PARIS, S. R.; LOPES, C. N. L.; NEUENFELDT JUNIOR, A. The use of analytic hierarchical process to evaluate the flexibility and adaptability in architecture. Submetido para *Archnet-IJAR: International Journal of Architectural Research*.

Os Capítulos 6 e 7, que apresentam a recolha de dados pelos algoritmos dos índices de desempenho e a aplicação dos casos de estudo, forneceram as informações necessárias para o desenvolvimento do artigo:

- DE PARIS, S. R.; LOPES, C. N. L. Performance Indices analysis for adaptability and flexibility in multifamily housing. A ser submetido.

Concluindo, a investigação efetuou uma contribuição científica por meio de sete publicações em eventos e periódicos, fundamentando o tema e contextualizando o problema desta investigação.

9.2 Limitações e trabalhos futuros

Como limitações de pesquisa está o plugin Dynamo e o software Revit, pois originalmente não foram desenvolvidos para o tipo de análise aqui proposto. O plugin e o software estão direcionados para o desenho de projetos e o desenho paramétrico, o que restringe a forma como os dados do projeto são trabalhados. Apesar disso, sua base em programação visual possibilitou satisfatoriamente o objetivo colocado.

A disponibilidade de especialistas para a definição das importâncias, por meio do questionário aplicado, é outra restrição imposta à investigação. A quantidade de especialistas apresentou ser satisfatória, entretanto poderia ter englobado um universo maior dos profissionais da arquitetura.

Os projetos para estudo de caso, principalmente das décadas passadas, não puderam ser fielmente representados em suas dimensões. Apesar da escala gráfica ser confiável e disponibilizar a inclusão dos projetos como estudo de caso, o ideal seriam as dimensões técnicas exatas e a disponibilização de todos os materiais construtivos de cada caso.

Nas análises de tecnologias, as limitações estão no fato de algumas serem protótipos ou não possuírem livre acesso às informações técnicas, o que dificulta avaliar seu uso e problemas de manutenção, além da falta de precificação e da vida útil dessas tecnologias.

Como contribuição foi possível identificar qual é o direcionamento da flexibilidade e adaptabilidade na habitação, assim como quais são os aspectos falhos que ainda são aplicados no mercado mobiliário. Além de se perceber como os dois

conceitos são aplicados na habitação, é possível compreender quais tecnologias são inseridas no mercado e no meio científico e como colaboram no progresso do tema.

Do mesmo modo, o algoritmo desenvolvido para os Índices de desempenho fornece uma ferramenta livre e acessível para que arquitetos e estudantes consigam avaliar seus projetos e potencializar o emprego da adaptabilidade na habitação. A aplicação do método multicritério contribui igualmente para que outras avaliações possam ser realizadas no meio científico no universo da arquitetura.

Para trabalhos futuros, identifica-se o potencial de execução dos índices para outros usos de edificações como: habitação unifamiliar, escritórios e prédios públicos (hospitais, escolas). Cada uso exige o levantamento e estudos das características específicas para cada situação, que resulta em novos critérios para cada índice e requer a ponderação dos seus atributos.

Conforme o critério, a recolha de dados a partir de um projeto deve ser reavaliada na concepção do algoritmo, com a análise das modificações necessárias para a correta execução do software e diagnóstico das informações referentes aos índices.

Além disso, os índices podem ser utilizados para avaliar o potencial das edificações a serem reutilizadas com a alteração original de seu uso, por exemplo, um complexo industrial para habitação ou um comércio para habitação. A alteração aborda outra perspectiva dos índices, com critérios fortes nos aspectos construtivos da edificação e dos materiais, o que solicita um procedimento diferente na concepção dos índices.

BIBLIOGRAFIA

ABDALLAH, COLLIN. **"Pixel Facade" System Combines a Love for Nature with Next-Generation Workspaces**. Archdaily. 2018. [Em linha]. [Consult. 15 Jun 2020]. Disponível em WWW:<URL: <https://www.archdaily.com/893745/pixel-facade-system-combines-a-love-for-nature-with-next-generation-workspaces>>.

ABDULLAH, Yahya S.; AL-ALWAN, Hoda A. S. Smart material systems and adaptiveness in architecture. **Ain Shams Engineering Journal**. 10:3, p. 623-638, 2019.

ABDULPADER, Oday Q.; SABAH, Omar A., ABDULLAH; Hussein S. Impact of flexibility principle on the efficiency of interior design. **International Transaction Journal of Engineering, Management, and Applied Sciences and Technologies**. 5:3, p.195-212, 2014.

ABREU, Dayra G.; COURET, Dania G. Vivienda progresiva y flexible. Aprendiendo del repertorio. **Arquitectura y Urbanismo**, 34:2, p. 48-63, 2013.

ÅGREN, Robert; WING, Robert D. Five moments in the history of industrialized building. **Construction management and economics**. 32:1-2, p.7-15, 2014.

AGYEFI-MENSAH, Stephen. **Functionality and adaptability of design solutions for public apartment buildings in Ghana: towards evidence-based design for sustainable lifespan building performance**. Eindhoven: Eindhoven University of Technology. Tese de Doutoramento em Arquitetura, 2013.

ALARAJI, Khwla A. M. H.; JUSAN, Mahmud Bin Mohd. Assessment of Perceived Flexibility in House Design using Conjoint Analysis (CA). **International Journal of Applied Engineering Research**. 9:14, p.2473-2486, 2014.

ALCALÁ, Luis C. **La cuestión residencial: bases para una sociología del habitar**. Madrid: Fundamentos, 1995.

ALKHANSARI, Maryam Gharavi. Toward a convergent model of flexibility in architecture. **Journal of Architecture and Urbanism**. 42:2, p.120-133, 2018.

AL-NIJAIDI, Hazim Rashed. **Flexibility in the design of buildings**. Oxford: Oxford Brookes University. Tese de Doutorado em Arquitetura, 1985.

AMA. Architectuur Centrum Amsterdam. **Housing Pieter Vlamingsstraat**. [Em linha]. [Consult. 15 Ago. 2020]. Disponível em WWW:<URL: <https://www.arcam.nl/en/woningen-pieter-vlamingsstraat/?map>>.

ANDREWS, Oliver. **Living materials: a sculptor's handbook**. Berkeley: Univ of California Press, 1988.

ARKITEKTURBILLEDER. **Flexibo, Fællestegnestuen: 1978 – 1980**. [Em linha]. [Consult. 15 Ago. 2020]. Disponível em WWW:<URL: <https://www.arkitekturbilleder.dk/bygning/flexibo/>>

ARMO. **ARMO System**. [Em linha]. [Consult. 07 Abr. 2018]. Disponível em WWW:<URL: <http://www.armo-system.com/>>.

AWC. AMERICAN WOOD COUNCIL. **Wood Frame construction manual**. Leesburg: American Wood Council, 2001.

AYERS, Andrew. **The architecture of Paris: an architectural guide**. Berlim: Edition Axel Menges, 2004.

BANHAM, Reyner. **Theory and design in the first machine age**. Cambridge: Mit Press, 1980.

BARILLE, Christopher J.; SLOTCAVAGE, Daniel J.; HOU, Jingye; STRAND, Michael T.; HERNANDEZ, Tyler S.; MCGEHEE, Michael D. Dynamic windows with neutral color, high contrast, and excellent durability using reversible metal electrodeposition. **Joule**. 1:1, p.133-145, 2017.

BAU 727. **Residencial BAU 727**. [Em linha]. [Consult. 15 Maio 2020]. Disponível em WWW:<URL: <https://www.bau727.com/>>.

BECERRA, Pilar; FRANCO, Ricardo; PORRAS, Carolina. La adaptabilidad arquitectónica: una manera diferente de habitar y una constante a través de la historia. **Revista Mas D**. 9:5, p. 08-39, 2011.

BIM ACADEMY. **Conhecendo o Dynamo**. [Em linha]. [Consult. 15 Ago 2020]. Disponível em WWW:<URL: <http://www.bimacademy.com.br/software-de-programacao-visual/>>.

BLOOMFRAME. **Bloomframe Window**. [Em linha]. [Consult. 15 Maio 2018]. Disponível em WWW:<URL: <https://www.bloomframe.com/>>.

BOGÉA, Marta. **Cidade errante: arquitetura em movimento**. São Paulo: Editora SENAC, 2009.

BRAHAM, William W.; HALE, Jonathan A. **Rethinking technology: a reader in architectural theory**. Londres: Routledge, 2006.

BRAND, Stewart. **How buildings learn: what happens after they're built**. London: Penguin, 1994.

BRANDÃO, Douglas Queiroz. **Diversidade e potencial de flexibilidade de arranjos espaciais de apartamentos: uma análise do produto imobiliário no Brasil**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina. Tese de doutoramento em Arquitectura, 2002.

BRIKAWOOD. **La brique em bois qui se monte sans clou, ni vis, ni colle**. [Em linha]. [Consult. 10 Abr. 2018]. Disponível em WWW:<URL: <http://www.brikawood-ecologie.fr/home/>>.

BRUNA, Paulo J. V. **Arquitetura, industrialização e desenvolvimento**. São Paulo: Perspectiva, 1976.

BUBBLEDECK. **Bubble Deck**. [Em linha]. [Consult. 07 Jun. 2018]. Disponível em WWW:<URL: <http://www.bbdna.com/index.php>>.

BUBNER, Ewald. Resumen histórico. In Otto, Frei – **Arquitectura Adaptable**. Barcelona: Gustavo Gili, 1979, p. 26-31.

BULLEN, Peter A.; LOVE, Peter E. D. Factors influencing the adaptive re-use of buildings. **Journal of Engineering, Design and Technology**. 9:1, p.32-46, 2011.

BUSBEA, Larry. **Topologies: The Urban Utopia in France, 1960–1970**. London: The MIT Press, 2007.

CALATRAVA. **Milwaukee Art Museum**. [Em linha]. [Consult. 07 Jun. 2020]. Disponível em WWW:<URL: https://calatrava.com/projects/milwaukee-art-museum.html?view_mode=gallery>.

CAMPBELL, James W. P.; PRYCE, William. **Brick: A World History Hardcover**. Londres: Thames & Hudson, 2005.

CMU. CARNEGIE MELLON UNIVERSITY. **Claytronics**. [Em linha]. [Consult. 07 Jun. 2020]. Disponível em WWW:<URL: <https://www.cs.cmu.edu/~claytronics/>>.

CAVALLIERE, Carmine; DELL'OSSO, Guido Raffaele; FAVIA, Fausto; LOVICARIO, Marco. BIM-based assessment metrics for the functional flexibility of building designs. **Automation in Construction**. 107, p.102925, 2019.

CELLUCCI, Cristiana; DI SIVO, Michele. The flexible housing: criteria and strategies for implementation of the flexibility. **Journal of Civil Engineering and Architecture**. 9, p.845–852, 2015.

CHANDLER, David L. **Researchers design one of the strongest, lightest materials known**. [Em linha]. [Consult. 28 Maio 2018]. Disponível em WWW:<URL: <https://news.mit.edu/2017/3-d-graphene-strongest-lightest-materials-0106>>.

CHENG, Michael. **ThreadRobe Automated Clothes Manager**. 2017. [Em linha]. [Consult. 03 Maio 2020]. Disponível em WWW:<URL: <https://thegadgetflow.com/portfolio/threadrobe-automated-clothes-manager/>>.

CHEUNG, Franco KT; KUEN, Judy Leung Fung; SKITMORE, Martin. Multi-criteria evaluation model for the selection of architectural consultants. **Construction Management & Economics**, 20:7, p. 569-580, 2002.

CHIEN, Sheng-Fen; WANG, Hung-Jen. Smart partition system—A room level support system for integrating smart technologies into existing buildings. **Frontiers of Architectural Research**, 3:4, p. 376-385, 2014.

CHING, Francis D. **Arquitetura: forma, espaço e ordem**. São Paulo: Martins Fontes, 2005.

CIID. Copenhagen Institute of Interaction Design. **CIID/Toyota – Window to the World**. [Em linha]. [Consult. 25 Maio 2018]. Disponível em WWW:<URL: <http://ciid.dk/ciidtoyota-window-to-the-world-at-copenhagen-design-week/>>.

CITYHOME. **City Home Overview**. [Em linha]. [Consult. 05 Jun. 2018]. Disponível em WWW:<URL: https://www.media.mit.edu/projects/OLD_cityhome2/overview/>.

COELHO, António B. **Qualidade arquitectónica residencial: rumos e factores de análise**. Lisboa: Laboratório nacional de engenharia civil, 2000.

COELHO, António B.; CABRITA, António R. **Habitação evolutiva e adaptável**. Lisboa: Laboratório nacional de engenharia civil, 2009.

COLOMINA, Brennan, COLOMINA, Beatriz, BRENNAN, Annemarie. **Cold War Hothouses: Inventing postwar culture, from cockpit to playboy**. Nova York: Princeton Architectural Press, 2004.

COOK, Diane J.; DAS, Sajal K. How smart are our environments? an updated look at the state of the art. **Pervasive and Mobile Computing**. 3:2, p. 53-73, 2007.

COWEE, Natalie Plagaro; SCHWEHR, Peter. **The typology of adaptability in building construction**. Zurich: vdf Hochschulverlag AG, 2012.

DALZIEL&POW. **Our engaging space at RDE**. [Em linha]. [Consult. 25 Maio 2018]. Disponível em WWW:<URL: <<http://www.dalziel-pow.com/news/interactive-animations-retail-design-expo/>>.

DAVICO, Alex. **Avaliação da flexibilidade dos espaços de habitação: influência das divisórias e mobiliário**. Braga: Universidade do Minho. Tese de Doutoramento em Arquitetura, 2013.

DAVIES, Colin. **The prefabricated home**. Londres: Reaktion Books, 2005.

DE PARIS, Sabine Ritter; LOPES, Carlos Nuno Lacerda. Enhancing housing flexibility through collaboration. **Proceedings of CAADence in Architecture, Back to command**. p. 55-59, 2016.

DE PARIS, Sabine Ritter; LOPES, Carlos Nuno Lacerda. Flexibilidade na habitação: um estudo comparativo cultural. **2º Congresso Internacional de História da Construção Luso-Brasileira - Culturas Partilhadas**. 2, p. 1009, 2016.

DE PARIS, Sabine Ritter; LOPES, Carlos Nuno Lacerda. Flexibility through temporary construction: an unusual perspective. **European Network for Housing Research - Governance, Territory and Housing**, 2016.

DE PARIS, Sabine Ritter; LOPES, Carlos Nuno Lacerda. Tecnologia na habitação: adaptando-se aos novos padrões de morar. **Actas do 4º Congresso Internacional da Habitação no Espaço Lusófona**. p.290-298, 2017.

DE PARIS, Sabine Ritter; LOPES, Carlos Nuno Lacerda. Housing flexibility problem: Review of recent limitations and solutions. **Frontiers of Architectural Research**. 7:1, p.80-91, 2018.

DE PARIS, Sabine Ritter; LOPES, Carlos Nuno Lacerda. Adaptabilidade na habitação: uma discussão do contexto atual. **ARQUISUR REVISTA**. 10, p. 32-45, 2020.

DHAR, Tapan Kumar; HOSSAIN, Md. Sk. Maruf; RAHAMAN, Khan Rubayet. How does flexible design promote resource efficiency for housing? A study of Khulna, Bangladesh. **Smart and Sustainable Built Environment**. 2:2, p.140-157, 2013.

DOUGLAS, James. **Building Adaptation**. London: Routledge, 2006.

DOUMPOS, Michael; ZOPOUNIDIS, Constantin. Preference disaggregation and statistical learning for multicriteria decision support: A review. **European Journal of Operational Research** 209:3, p. 203-214, 2011.

DUARTE, Fábio. **Arquitetura e Tecnologias da Informação**. São Paulo: Editora Unicamp, 1999.

DUKTA. **Flexible Wood**. [Em linha]. [Consult. 10 Abr. 2018]. Disponível em WWW:<URL: <<https://dukta.com/en/>>.

DVDT. Duinker Van Der Torre. **Dapperbuurt**. [Em linha]. [Consult. 10 Abr. 2020]. Disponível em WWW:<URL: <<http://www.dvdt.com/project.php?n=3,1,3,12069&t=2>>.

DW. Deutsche Welle. **A revolução das fibras de carbono na construção civil**. [Em linha]. [Consult. 07 Jun. 2018]. Disponível em WWW:<URL: <<http://www.dw.com/pt-br/a-revolu%C3%A7%C3%A3o-das-fibras-de-carbono-na-constru%C3%A7%C3%A3o-civil/av-36555511>>.

EDGE, EDGE Design Institute LTD. **Domestic Transformer** [Em linha].]. [Consult. 20 Maio 2018]. Disponível em WWW:<URL: < <http://www.edgedesign.com.hk/2007domestictransformer>>.

EHRGOTT, Matthias; FIGUEIRA, José; GRECO, Salvatore. **Trends in multiple criteria decision analysis**. New York: Springer, 2010.

ELETROFITAS. **Eletrofitas**. [Em linha]. [Consult. 20 Abr. 2018]. Disponível em WWW:<URL: <<http://www.eletrofitas.com.br/produtos.html>>.

EMMITT, Stephen. **Architectural technology: research and practice**. Hoboken: John Wiley & Sons, 2013.

EVERBLOCK. **EverBlock Systems**. [Em linha]. [Consult. 07 Jun. 2018]. Disponível em WWW:<URL: <<http://www.everblocksystems.com/>>.

FARFÁN, Elizabeth Wagemann. **From Shelter to Home: flexibility in post-disaster accommodation**. Cambridge: University of Cambridge. Tese de Doutoramento em Arquitectura, 2016.

FLC. Foundation Le Corbusier. **Maisons Loucheur**. [Em linha]. [Consult. 05 Abr. 2019]. Disponível em WWW:<URL: <http://www.fondationlecorbusier.fr/corbuweb/morpheus.aspx?sysId=13&IrisObjectId=5991&sysLanguage=en&itemPos=3&itemSort=en_sort_string1&itemCount=6&sysParentName=Home&sysParentId=11>.

FLUID. **The learning water meter**. [Em linha]. [Consult. 10 Abr. 2018]. Disponível em WWW:<URL: <<https://www.kickstarter.com/projects/825947844/fluid-the-learning-water-meter>>.

FORMALHAUT. **Living-Room**. [Em linha]. [Consult. 18 Jun. 2018]. Disponível em WWW:<URL: <<http://living-room.info/>>.

FORTY, Adrian. **Words and Buildings: a vocabulary of Modern Architecture**. London: Thames & Hudson, 2000.

FOSTERPARTNERS. **Node**. [Em linha]. [Consult. 20 Abr. 2018]. Disponível em WWW:<URL: <<https://www.fosterandpartners.com/projects/node/>>.

FREIRE, António José Neto. **Flexibilidade na Habitação: projecto, conceito, estratégia**. Covilhã: Universidade da Beira Interior. Tese de Doutoramento em Arquitectura, 2013.

FRIEDMAN, Avi. Design for change: flexible planning strategies for the 1990s and beyond. **Journal of Urban Design**. 2:3, p.277-295, 1997.

FRIEDMAN, Yona. **La arquitectura móvil**. Barcelona: Poseidon, 1979.

FUÃO, Fernando Freitas. Brutalismo. a última trincheira do movimento moderno. **Arquitextos** [Em linha]. Ano 01, 007.09 (2000). [Consult. 28 Maio 2018]. Disponível em WWW:<URL: <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/01.007/949>>.

FUNDACION DOCOMOMO. **Casa de Las Flores**. [Em linha]. [Consult. 03 Maio 2020]. Disponível em WWW:<URL: http://www.docomomoiberico.com/index.php?option=com_k2&view=item&id=387:casa-de-las-flores&lang=es>.

FUTURELAB. **Future Lab Program T**. [Em linha]. [Consult. 25 Maio 2018]. Disponível em WWW:<URL: <http://www.futurelab.sony.net/T/>>.

GALVÃO, Walter; D'OTTAVIANO, Camila. A luz na arquitetura e na cidade. **Ciência e Cultura**. 67:3, p.48-50, 2015.

GANNON, Todd. **Reyner Banham and the Paradoxes of High Tech**. Los Angeles: Getty Publications, 2017.

GARCIA, Aldana. **More Sky**. [Em linha]. [Consult. 15 Maio 2018]. Disponível em WWW:<URL: <<http://aldanaferrergarcia.com/#/moresky/>>.

GARCÍA, Alberto M.; BAJO, Héctor R. **Rue Franklin Apartments**. [Em linha]. [Consult. 15 Abr 2020]. Disponível em WWW:<URL: <<http://hiddenarchitecture.net/rue-franklin-apartments/>>.

GAUSA, Manuel. **Housing: nuevas alternativas, nuevos sistemas**. Barcelona: Actar, 1998.

GERAEDTS, Rob. FLEX 4.0, a practical instrument to assess the adaptive capacity of buildings. **Energy Procedia**. 96, p.568-579, 2016.

GIEDION, Sigfried. **Space, time and architecture: the growth of a new tradition**. Massachusetts: Harvard University Press, 1982.

GIJSBERS, Roel; LICHTENBERG, Jos. Demand driven selection of adaptable building technologies for flexibility-in-use. **Smart and Sustainable Built Environment**. 3:3, p.237-60, 2014.

GIMÉNEZ ARIAS, Jorge Enrique. Ökohaus: viviendas en el jardín. **I Congreso Internacional de Vivienda Colectiva Sostenible**. Máster Laboratorio de la Vivienda Sostenible del Siglo XXI. p.114-119, 2014.

GJAKUN, Maja. **Flexibility and comfort in limited dwelling interior**. Milano: Politecnico di Milano. Tese de doutoramento em Arquitectura, 2015.

GLASSAPPS. **Finished Smart Glass**. [Em linha]. [Consult. 15 Maio 2018]. Disponível em WWW:<URL: <https://www.glass-apps.com/products/smart-glass-windows/>>.

GOÑI, Paula Martin; BARROSO, Jose Maria G.; AVELLANEDA, José. Rehabilitación perfectible, adaptable y sostenible. Análisis y propuesta de criterios para la evaluación de la rehabilitación de edificios plurifamiliares de vivienda. **Congresso Internacional em Reabilitação de Construções CONPAT**. 2015.

GONZÁLEZ, Jose Miguel Reyes. La experiencia domino. 21 involucró a la madera. **Boletín de información técnica AITIM**. 234, p.14, 2005.

GOOGLE MAPS. Ferramenta de mapas do Google. [Em linha]. [Consult. 15 Jun 2020]. Disponível em WWW:<URL: <https://www.google.com/maps>>.

GOOGLE STREET VIEW. Ferramenta de mapas do Google. [Em linha]. [Consult. 15 Jun 2020]. Disponível em WWW:<URL: <https://www.google.com/maps>>.

GOSLING, Jonathan; SASSI, Paola; NAIM, Mohamed; LARK, Robert. Adaptable buildings: a systems approach. **Sustainable Cities and Society**. 7, p. 44-51, 2013.

GRAM-HANSEN, Kirsten; DARBY, Sarah J. "Home is where the smart is"? Evaluating smart home research and approaches against the concept of home. **Energy Research & Social Science**. 37, p.94-101, 2018.

GREDEEN, Lara. **Flexibility in Building Design: a real options approach and valuation methodology to address risk**. Massachusetts: Massachusetts Institute of Technology. Tese de doutoramento em Arquitectura, 2005.

GREDEEN, Lara; GLICKSMAN, Leon. Options Valuation of Architectural Flexibility: A case study of the option to convert to office space. **Real Options 8th Annual International Conference**. 2004.

GRIMLEY, Chris; LOVE, Mimi. **The interior design: reference + specification book**. Beverly: Rockport Publishers, 2013.

GROAK, Steven. **The idea of Building: thought and action in the design and production of buildings**. London: E & FN Spon, 1992.

GRUPOSP. **Edifício Simpatia**. [Em linha]. [Consult. 18 Jun. 2018]. Disponível em WWW:<URL: <<http://www.gruposp.arq.br/?p=19>>.

GUITOUNI, Adel; MARTEL, Jean-Marc. Tentative guidelines to help choosing an appropriate MCDA method. **European journal of operational research**. 109:2, p.501-521, 1998.

HABRAKEN, Nicolaas John. **Supports: An Alternative to Mass Housing**. London: Architectural Press, 1972.

HABRAKEN, Nicolaas John; BOEKHOLT, J. T.; DINJENS, P. J. M.; THIJSEN, A. P. **Variations: the systematic design of supports**. Cambridge: MIT Press, 1986.

HABRAKEN, Nicolaas John – Design for Flexibility. **Building Research and Information**. 36:3, p.290-296, 2008.

HAMDI, Nabeel. **Housing without houses: participation, flexibility, enablement**. Rugby: ITDG Publishing, 1991.

HARRIS, Elizabeth. **Le Corbusier. Riscos Brasileiros**. São Paulo: Nobel, 1987.

HEAT, Tim. Adaptive re-use of offices for residential use: the experiences of London and Toronto. **Journal Cities**. 18:3, p.173-184, 2001.

HECKMANN, Oliver; SCHNEIDER, Friederike. **Floor plan manual: housing**. Basileia: Birkhäuser Verlag, 2012.

HEIDEGGER, Martin. **Construir, Habitar, Pensar**. Barcelona: Ediciones Serbal, 1994.

HEIDRICH, Oliver; KAMARA, John; MALTESE, Sebastiano; CECCONI, Fulvio Re; DEJACO, Mario Claudio. A critical review of the developments in building adaptability. **International Journal of Building Pathology and Adaptation**. 35:4, p. 284-303, 2017.

HEINE, Ulrike. **Casa de Las Flores**. [Em linha]. [Consult. 19 Maio 2020]. Disponível em WWW:<URL: <http://archjourney.org/projects/casa-de-las-flores/>>.

HERMANMILLER. **Live OS**. [Em linha]. [Consult. 21 Maio 2018]. Disponível em WWW:<URL: <https://www.hermanmiller.com/products/smart-office/smart-furnishings/live-os/>>.

HERTHOGS, Pieter; DEBACKER, Wim; TUNÇER, Bige; DE WEERDT, Yves; DE TEMMERMAN, Niels. Quantifying the generality and adaptability of building layouts using weighted graphs: the SAGA method. **Buildings**, 9:4, p.92-112, 2019.

HERTZBERGER, Herman. **Lessons for Students in Architecture**. Rotterdam: 010 Uitgeverij Publishers, 1991.

HERTZBERGER, Herman. **Diagoon Housing Delft: 1967-1970**. [Em linha]. 2016. [Consult. 25 Jul 2020]. Disponível em WWW:<URL: <https://www.hertzberger.nl/images/nieuws/DiagoonHousingDelft2016.pdf>>.

HILL, Jonathan. **Actions of Architecture: Architects and Creative Users**. Jonathan Hill. London: Routledge, 2003.

HILLIER, Bill; HANSON, Julianne. **The social logic of space**. New York: Cambridge University Press, 1988.

HOBERMAN. Hoberman Associates. **Adaptive Fritting**. [Em linha]. [Consult. 05 Jun. 2018]. Disponível em WWW:<URL: <http://www.hoberman.com/portfolio/gsd.php?rev=0&onEnterFrame=%5Btype+Function%5D&myNum=0&category=&projectname=Adaptive+Fritting+%28GSD%29>>.

HOFFMANN, Donald. **Frank Lloyd Wright's Robie House: The Illustrated Story of an Architectural Masterpiece**. Massachusetts: Courier Corporation, 1984.

HOSSEINI, SM Amin; PONS, Oriol; DE LA FUENTE, Albert. A combination of the Knapsack algorithm and MIVES for choosing optimal temporary housing site locations: A case study in Tehran. **International journal of disaster risk reduction**. 27, p. 265-277, 2018.

HUUHKA, Satu; SAARIMAA, Sini. Adaptability of mass housing: size modification of flats as a response to segregation. **International Journal of Building Pathology and Adaptation**. 36:4, p.408-426, 2018.

HYPERBODY. **URHouse**. [Em linha]. [Consult. 21 Jun. 2018]. Disponível em WWW:<URL: <<http://multimod.hyperbody.nl/index.php/project06:Studio>>.

IACC. Institute for Advanced Architecture of Catalonia. **Translated Geometries**. [Em linha]. 2014. [Consult. 21 Jun. 2020]. Disponível em WWW:<URL: <https://iaac.net/project/hydroceramic/>>.

IACC. Institute for Advanced Architecture of Catalonia. **Translated Geometries**. [Em linha]. [Consult. 21 Jun. 2018]. Disponível em WWW:<URL: <https://iaac.net/project/translated-geometries/>>.

ICON. **Introducing the ICON platform**. [Em linha]. [Consult. 21 Fev. 2020]. Disponível em WWW:<URL: <https://www.iconbuild.com/technology>>.

IMPERIALE, Alicia. An American wartime dream: The packaged house system of Konrad Wachsmann and Walter Gropius. **ACSA Fall Conference**. p.39-43, 2012.

INTILLE, Stephen I. Designing a home of the future. **IEEE Pervasive Computing**. 1:2, pp. 76-82, 2002.

IORI, Tullia; PORETTI, Sergio. **SIXXI: storia dell'ingegneria strutturale in Italia, vol. 2**. Roma: Gangemi Editore, 2015.

ISHIZAKA, Alessio; PEARMAN, Craig; NEMERY, Philippe. AHPSort: an AHP-based method for sorting problems. **International Journal of Production Research**, 50:17, p. 4767-4784, 2012.

ISRAELSSON, Niklas; HANSSON, Bengt. Factors influencing flexibility in buildings. **Structural Survey**. 27:2, p.138-147, 2009.

JEONG, Jae G.; HASTAK; Makarand, SYAL, Matt; HONG, Taehoon. Internal relationship modeling and production planning optimization for the manufactured housing. **Automation in Construction**, 20(7), p.864-873, 2011.

JORGE, Liziane de Oliveira. **Estratégias de flexibilidade na arquitetura residencial multifamiliar**. São Paulo: Universidade de São Paulo. Tese de doutoramento em Arquitetura, 2012.

KARNI, Eyal. Movable Partitions - Flexible Dwelling: the intersection of dynamic interior space and adaptable dwelling units. **ACSA Technology Conference**. p. 179-182, 2000.

KENDALL, Stephen. Open building: an approach to sustainable architecture. **Journal of Urban Technology**. 6:3, p.1-16, 1999.

KENDALL, Stephen; TEICHER, Jonathan. **Residential Open Building**. London: Spon, 2000.

KILLORY, Christine. **Details in contemporary architecture**. Nova York: Princeton Architectural Press, 2013.

KIM, Young-Ju. On flexibility in architecture focused on the contradiction in designing flexible space and its design proposition. **Architectural Research**. 15:4, p.191-200, 2013.

KIM, Kilsaem; CHO, Minjung. Development of the layout method for a high-rise housing complex using parametric algorithm. **Journal of Asian Architecture and Building Engineering**. 19:1, p. 30-47, 2020.

KINCAID, David. Adaptability potentials for buildings and infrastructure in sustainable cities. **Facilities**. 18:3/4, p. 155-162, 2000.

KISNARINI, Rika. **Functionality and adaptability of low-cost apartment space design: a case of Surabaya Indonesia**. Eindhoven: Eindhoven University of Technology. Tese de Doutorado em Arquitetura, 2015.

KISNARINI, Rika; POST, Jouke; MOHAMMADI, Masi. Providing Adaptability of Space to Ensure Sustainable Living in Low Cost Housing in Indonesia. **Procedia-Social and Behavioral Sciences**. 179, p. 222-229, 2015.

KOOLHAS, Rem; MAU, Bruce. **S, M, L, XL**. New York: The Monacelli Press, 1995.

KON, Nelson. **Apartamento no Edifício Prudência**. [Em linha]. [Consult. 15 Jun. 2020]. Disponível em WWW:<URL:<http://www.nelsonkon.com.br/apartamento-no-edificio-prudencia/>>.

KOWALTOWSKI, Doris C. C. K.; MOREIRA, Daniel de Carvalho; PETRECHE, João R. D.; FABRÍCIO, Márcio M. **O processo de projeto em arquitetura: da teoria à tecnologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2019.

KRETZER, Manuel; AUGUSTYNOWICZ, Edyta; GEORGAKOPOULOU, Sofia; ROSSI, Dino; SIXT, Stefanie. **Shapeshift**. Materiability Research Group. 2010. [Em linha]. [Consult. 21 Abr 2020]. Disponível em WWW:<URL: <http://materiability.com/portfolio/shapeshift/>>.

KÜHL, Beatriz Mugayar. Arquitetura do ferro e arquitetura ferroviária em São Paulo: reflexões sobre a sua preservação. São Paulo: Ateliê Editorial, 1998.

LAAB. **Small home, smart home**. [Em linha]. [Consult. 21 Jun 2018]. Disponível em WWW:<URL: https://www.laab.pro/?portfolio_page=small-home-smart-home>.

LABONNOTE, Nathalie; HØYLAND, Karin. Smart home technologies that support independent living: challenges and opportunities for the building industry – a systematic mapping study. **Intelligent Buildings International**. 9:1, p. 40-63, 2015.

LANGSTON, Craig; FRANCIS, K. W. Wong; HUI, Eddie C.M.; SHEN, Li-Yin. Strategic assessment of building adaptive reuse opportunities in Hong Kong. **Building and environment**. 43:10, p.1709-1718, 2008.

LEITHINGER, Daniel; FOLLMER, Sean; OLWAL, Alex; HOGGE, Akimitsu; ISHII, Hiroshi. **inFORM**. Tangible Media Group. 2013. [Em linha]. [Consult. 05 Jun 2020]. Disponível em WWW:<URL: <http://tangible.media.mit.edu/project/inform>>.

LELIEVELD, Charlotte. **Smart Materials for the Realization of an Adaptive Building Component**. Delft: Delft University of Technology. Tese de doutoramento em Arquitetura, 2013.

LEUPEN, Bernard. The frame and the generic space, a new way of looking to flexibility. **Proceedings of the Open Building and Sustainable Environment**. p.20-22, 2004.

LEUPEN, Bernard. **Frame and generic space**. Rotterdam: Nai010 publishers, 2006.

LEVA ENGINEERING. **Kinetic Wall**. [Em linha]. [Consult. 05 Jun 2020]. Disponível em WWW:<URL: <https://www.leva.io/projects/kinetic-wall>>.

LEYDECKER, Sylvia. **Nano materials: in architecture, interior architecture and design**. Berlim: Walter de Gruyter, 2008.

Liko-S. **Smart-I-Wall**. [Em linha]. [Consult. 05 Jun 2020]. Disponível em WWW:<URL: <https://www.liko-partitions.com/en/smart-i-wall-interactive-partitions>>.

MAARS. Maars Living Walls. **M923**. [Em linha]. [Consult. 28 Maio 2020]. Disponível em WWW:<URL: <https://maarslivingwalls.com/m923>>.

MACCREANOR, Gerard. Adaptability. **Housing and Flexibility I** (a+t architecture). 12, p.40-45, 1998.

MAESTRO. **Maestro Design. Arquitectos** [Em linha]. [Consult. 28 Maio 2018]. Disponível em WWW:<URL: <http://www.maestro-design.be/nl>>.

MALAKOUTI, Masoud; FAIZI, Mohsen; HOSSEINI, Seyed-Bagher; NOROUZIAN-MALEKI, Saeid. Evaluation of flexibility components for improving housing quality using fuzzy TOPSIS method. **Journal of Building Engineering**. 22 (2019), p.154-160.

MANEWA, Anupa. **Economic Considerations for Adaptability in Buildings**. Loughborough: Loughborough University. Tese de doutoramento em Arquitectura, 2012.

MANEWA, Anupa; SIRIWARDENA, Mohan; ROSS, Andrew; MADANAYAKE, Upeksha. Adaptable buildings for sustainable built environment. **Built Environment Project and Asset Management**. 6:2, p.139-158, 2016.

MARCELINO, Miguel. **Apartamento Odivelas**. Em linha]. [Consult. 28 Jun 2020]. Disponível em WWW:<URL: <https://www.marcelino.pt/044>>.

MARCO, José Milla; LLLANA, Miguel Ángel Mira; JIMÉNEZ, Gustavo Navarro. **Manual de Directrices para la Conservación de la Casa de las Flores**. Madrid: Dirección General de Patrimonio Histórico, 2003.

MASTERCONSTRUÇÕES. **Aprenda como instalar revestimentos da maneira correta**. [Em linha]. [Consult. 28 Jun 2020]. Disponível em WWW:<URL: <https://www.masterhousesolucoes.com.br/aprenda-como-instalar-revestimentos-da-maneira-correta/>>.

MATOS, José de Saldanha. Aspectos Históricos e Actuais da Evolução da Drenagem de Águas Residuais em Meio Urbano. **Revista Engenharia Civil**. 16 (2003), p.13-23, 2003.

MCAETANO. Grupo MCAetano. **Nautilus II**. [Em linha]. [Consult. 20 Dez 2019]. Disponível em WWW:<URL: <https://grupomcaetano.com/nautilus-ii.html>>.

MICHALEK, Jeremy; CHOUDHARY, Ruchi; PAPALAMBROS, Panos. Architectural layout design optimization. **Engineering optimization**. 34:5, p. 461-484, 2002.

MIMA. **MIMA House**. [Em linha]. [Consult. 18 Jun. 2018]. Disponível em WWW:<URL: <http://www.mimahousing.com/>>.

MINAMI, Kazunobu. A Post–Occupancy Evaluation of Layout Changes Made to KEP Adaptable Housing. **Journal of Asian Architecture and Building Engineering**, 6:2, p.245-250, 2007.

MISIRLISOY, Damla; GÜNÇE, Kağan A critical look to the adaptive reuse of traditional urban houses in the walled city of Nicosia. **Journal of Architectural Conservation**. 22:2, p.149-166, 2016.

MKCA. Michael K Chen Architecture. **Projects**. [Em linha]. [Consult. 18 Jun. 2018]. Disponível em WWW:<URL: <http://mkca.com/projects/>>.

MOHAMED, Abeer S. Yousef. Smart materials innovative technologies in architecture; towards innovative design paradigm. **Energy Procedia**. 115, p.139-154, 2017.

MOHARRAM, Laila Ahmed. **A method for evaluating the flexibility of floor plans in multi-story housing**. Pensilvânia: University of Pennsylvania. Tese de Doutorado em Arquitetura, 1980.

MOLO STUDIO. Space Partition. [Em linha]. [Consult. 15 Maio 2018]. Disponível em WWW:<URL: <https://molodesign.com/collections/space-partitions/>>.

MOMA. Museum of Modern Art. **A Minimum Dymaxion Home project**. [Em linha]. [Consult. 18 Jun. 2018]. Disponível em WWW:<URL: <https://www.moma.org/collection/works/804>>.

MONTELLANO, Agatangelo Soler. Housing flexibility by spatial indeterminacy: the case of the Casa de las Flores in Madrid. **International Journal of Architectural Research**. 9:2, p.04-19, 2015.

MONTEYS, Xavier; FUERTES, Pere. **Casa Collage: un ensayo sobre la arquitectura de la casa**. São Paulo: Gustavo Gili, 2001.

MORAIS, Livia Zanelli. Next 21: Experimentações em Espacialidades Habitacionais. **Arquitextos** [Em linha]. 04:048.05 (2004). [Consult. 05 Maio 2018]. Disponível em WWW:<URL: <<https://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/18.213/6899>>.

MRKONJIC, Katarina; GONZALEZ, Jose M.; AVELLANEDA, Jaime. Environmental Evaluation of Flexible Housing. **5th BMBF Forum for Sustainability**, 2008.

NADIM, Wafaa. Live-work and adaptable housing in Egypt: A zero commuting concept, lessons learnt from informal developments. **Smart and Sustainable Built Environment**. 5:3, p.289–302, 2016.

NAKIB, Faiza. Technological Adaptability, an Approach toward a flexible and sustainable architecture. **Conference on Technology & Sustainability in the Built Environment**. p.479-493, 2010.

NARAHARA, Taro. Designing for Constant Change: An Adaptable Growth Model for Architecture. **International Journal of Architectural Computing**, 8:1, p. 29-40, 2010.

NOORI, Kamaran Ali. **Achieving Adaptable Architecture: a design framework for architects: a historic review**. Calgary: University of Calgary. Tese de Doutoramento em Arquitectura, 2018.

OLIKROM. **OliKrom Smart Pigments**. [Em linha]. [Consult. 15 Maio 2018]. Disponível em WWW:<URL: <<https://www.olikrom.com/en/>>.

OLIVEIRA, Avelino. **A Casa Compreensiva. Um percurso sobre a concepção arquitectónica das tipologias da habitação**. Lisboa: Caleidoscópio, 2015.

ORI LIVING. **Ori Living Products**. [Em linha]. [Consult. 10 Jun. 2018]. Disponível em WWW:<URL: <http://www.open-building.org/archives/booklet_small.pdf>.

OTTO, Friedman. **Arquitectura adaptable**. Barcelona: Gustavo Gili, 1979.

PANHOUSE. **Scopri i nostri sistemi costruttivi**. [Em linha]. [Consult. 10 Abr. 2018]. Disponível em WWW:<URL: <<http://panhouse.it/panhouse/>>.

PAPEZ, Michael. **URHouse**. [Em linha]. [Consult. 10 Abr. 2018]. Disponível em WWW:<URL: <<https://cargocollective.com/michalpapez/UR-House>>.

PARK, Byeonghwa; BAE, Jae Kwon. Using machine learning algorithms for housing price prediction: the case of fairfax county, virginia housing data. **Expert Systems with Application**. 42:6, p. 2928-2934, 2015.

PEREIRA, Sandra Marques. **Casa e mudança social: uma leitura das transformações da sociedade portuguesa a partir da casa**. Lisboa: Caleidoscópio, 2012.

PERIAÑEZ, Manuel. **L'habitat évolutif: du mythe aux réalités**. Plan construction et architecture, Programme cité-projets, 1993.

PILE, John F. **A history of interior design**. Londres: Laurence King Publishing, 2005.

PINDER, James; SCHMIDT, Rob; AUSTIN, Simon A.; GIBB, Alistair; SAKER, Jim. What Is Meant by adaptability in buildings? **Facilities**. 35:1/2, p.2-20, 2016.

PINDER, James.; SCHMIDT III, Robert; SAKER, Jim. Stakeholder perspectives on developing more adaptable buildings. **Construction Management and Economics**. 31:5, p.440-459, 2013.

PINHEIRO TINTAS. **Como pintar parede já pintada**. [Em linha]. [Consult. 02 Jun 2020]. Disponível em WWW:<URL: <https://www.pinheirutintas.com.br/como-pintar-parede-ja-pintada/>>.

PMC. Paris Musees Collections. **Intérieur de la Galerie d'Orléans**. [Em linha]. [Consult. 25 Maio 2020]. Disponível em WWW:<URL: <https://www.parismuseescollections.paris.fr/fr/musee-carnavalet/oeuvres/interieur-de-la-galerie-d-orleans#infos-principales>>.

PONS, Oriol; DE LA FUENTE, Albert; AGUADO, Antonio. The use of MIVES as a sustainability assessment MCDM method for architecture and civil engineering applications. **Sustainability**, 8: 5, p. 460, 2016.

PRADA, Ruth. **Una casa con flores para Neruda: una normativa especial protege desde este mes de junio la casa donde vivió Neruda mientras fue cónsul en Madrid**. El País. [Em linha]. [Consult. 25 Abr 2020]. Disponível em WWW:<URL: https://elpais.com/cultura/2005/06/24/actualidad/1119564002_850215.html>.

PREISER, Wolfgang. **Facility Programming: Methods and Applications**. London: Routledge, 2016.

RABENECK, Andrew; SHEPPARD, David; TOWN, Peter. Housing Flexibility? **Architectural Design**. 43, p.698-727, 1973.

RADLab. Responsive Architecture Lab. **Wallbot**. [Em linha]. [Consult. 25 Maio 2018]. Disponível em WWW:<URL: <http://www.rad-um.com/projects/wallbot>>.

RAMSEIER, Walter; LJASKOWSKY, Beatrice. ADP. **Überbauung Hellmutstrasse, Zürich**. [Em linha]. [Consult. 20 Maio 2020]. Disponível em WWW:<URL: <https://www.wrarch.ch/architektur/wohnungsbau/uberbauung-hellmutstrasse-zurich/>>.

RAVIZ, Seyed R. Hosseini; ETEGHAD, Ali Nik; GUARDIOLA, Ezequiel Uson; AIRA, Antonio Armesto. Flexible housing: the role of spatial organization in achieving functional efficiency. **International Journal of Architectural Research**. 2:9 (2015), p.65-76.

REMOY, Hilde; van der VOORDT, Theo. Adaptive reuse of office buildings into housing: opportunities and risks. **Building Research and Information**. 42:3, p. 381-390, 2014.

RILEY, Mike; COTGRAVE, Alison. **Construction technology 1: house Construction**. New York: Palgrave Macmillan, 2013.

ROIZENBLATT, Isac. **Critérios de Iluminação Elétrica Urbana**. São Paulo: Universidade Presbiteriana Mackenzie. Tese de doutoramento em Arquitetura, 2009.

ROSS, Brandon E.; CHEN, Diana A.; CONEJOS, Sheila; KHADEMIC, Amin. Enabling adaptable buildings: results of a preliminary expert survey. **Procedia Engineering**. 145, p.420-427, 2016.

ROSSI, Aldo. **The architecture of the city**. Massachusetts: MIT Press, 1982.

ROY, Bernard; VINCKE, Philippe. Multicriteria analysis: survey and new directions. **European journal of operational research**. 8:3, p. 207-218, 1981.

SAATY, Thomas L. **The Analytic Hierarchy Process and Health Care Problems**. New York: McGraw-Hill. 1980.

SAATY, Thomas L. The modern science of multicriteria decision making and its practical applications: The AHP/ANP approach. **Operations Research**. 61: 5, p. 1101-1118, 2013.

SAATY, Thomas L.; SHANG, Jennifer S. An innovative orders-of-magnitude approach to AHP-based multi-criteria decision making: Prioritizing divergent intangible humane acts. **European Journal of Operational Research** 214:3, p. 703-715, 2011.

SALEIRO FILHO, Mário de Oliveira. **A arquitetura na anarquia: os conceitos de flexibilidades espaciais na produção imobiliária na cidade do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro. Tese de doutoramento em Arquitetura, 2009.

SALVADOR FILHO, José Americo Alves. **Blocos de concreto para alvenaria em construções industrializadas**. São Carlos: Universidade de São Paulo. Tese de doutoramento em Arquitetura, 2007.

SAMBIASI, Soledad. **Edifício Habitacional na Rua Simpatia / grupos**. ArchDaily. [Em linha]. [Consult. 18 Jun 2018]. Disponível em WWW:<URL: <https://www.archdaily.com.br/br/01-98/edificio-habitacional-na-rua-simpatia-grupos>>.

SANAA. Moriyama House. **El Croquis**. 139, p.282-301, 2008.

SANTOS, Altair. **Alvenaria estrutural: saiba como evitar patologias**. [Em linha]. [Consult. 05 Jun 2020]. Disponível em WWW:<URL: <http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=7&Cod=1536>>.

SAYED, Mustafa E.; VARDOULAKI, SHOKIR, Pavlina A.; ÇINKILIK, Coskun; XU, Houzhe. Hypercell. Architectural Association School. 2015. [Em linha]. [Consult. 17 Jun 2020]. Disponível em WWW:<URL: <http://pr2015.aaschool.ac.uk/>>.

SEGUIN, Laurence; SEGUIN, Patrick. **Jean Prouvé: Architecture**. Paris: Galerie Patrick Seguin, 2014.

SCHMIDT, Rafael. **Edifício Prudência**. [Em linha]. [Consult. 05 Jun 2020]. Disponível em WWW:<URL: <https://www.fotoarquitetura.com.br/edificio-prudencia>>.

SCHMIDT III, Robert; AUSTIN, Simon. **Adaptable architecture: theory and practice**. New York: Routledge, 2016.

SCHNEIDER, Tatjana; TILL, Jeremy – Flexible housing: opportunities and limits. **Architectural Research Quarterly**. 9:2, p.157-166, 2005a.

SCHNEIDER, Tatjana; TILL, Jeremy. Flexible housing: the means to the end. **Architectural Research Quarterly**. 9:3-4, p.287-296, 2005b.

SCHNEIDER, Tatjana; TILL, Jeremy. **Flexible housing**. New York: Architectural Press, 2007.

SCHNEIDER, Tatjana; TILL, Jeremy. Flexible Housing. In Carswell, Andrew – **The encyclopedia of housing**. 2ªed. California: SAGE Publications, p. 229-231, 2012.

SCHWARZ. Schwarz Architekten. **Alterswohnen Sur Falveng**. [Em linha]. 2006 [Consult. 20 Abr 2018]. Disponível em WWW:<URL: http://www.dietrich-schwarz.ch/downloads/alterswohnen/0610_Schweizer_Solarpreis.pdf>.

SEBESTYEN, Gyula; POLLINGTON, Christopher. **New architecture and technology**. Londres: Routledge, 2007.

SEO, Kyung Wook.; KIM, Chang Sung. Interpretable housing for freedom of the body: the next generation of flexible homes. **Journal of Building Construction and Planning Research**. 1, p.75-78, 2013.

SHIPLEY, Robert; UTZ, Steve; PARSONS, Michael. Does adaptive reuse pay? A study of the business of building renovation in Ontario, Canada. **International Journal of Heritage Studies**. 12:6, p.505-520, 2006.

SINCLAIR, Brian R.; MOUSAZADEH, Somayeh; SAFARZADEH, Ghazaleh. Agility, adaptability + appropriateness: conceiving, crafting & constructing an architecture of the 21st century. **Enquiry: Journal of Architectural Research**. 9:1, p.35-43, 2012.

SINOPPOLI, Nicola; TATANO, Valeria. **Sulle tracce dell'innovazione: tra tecniche e architettura**. Milão: FrancoAngeli, 2002.

SILVA, Marcos Solon Kretli. Redescobrimdo a arquitetura do Archigram. **Arquitextos** [Em linha]. Ano 04, 048.05 (2004). [Consult. 28 Maio 2018]. Disponível em WWW:<URL: <http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/04.048/585>>.

SILVA, Felipe Portela Candido; PASSARINI, Victor de Carvalho. Bioconcreto: a tecnologia para construção sustentável. **INOVAE**. 5:2, p.41-58, 2017.

SILVA, Daíçon Maciel; SOUTO, André Kraemer **Estruturas: uma abordagem arquitetônica**. Porto Alegre: UniRitter, 2015.

ŠIOŽINYTĖ, Eglė; ANTUCHEVIČIENĖ, Jurgita. Solving the problems of daylighting and tradition continuity in a reconstructed vernacular building. **Journal of civil engineering and management**, 19:6, p. 873-882, 2013.

ŠIOŽINYTĖ, Eglė; ANTUCHEVIČIENĖ, Jurgita; KUTUT, Vladislavas. Upgrading the old vernacular building to contemporary norms: multiple criteria approach. **Journal of Civil Engineering and Management**, 20:2, p. 291-298, 2014.

SLAUGHTER, E. Sarah. Design strategies to increase building flexibility. **Building Research and Information**. 29:3, p.208-217, 2001.

SNYDER, James C.; CATANESE, Anthony. **Introdução à arquitetura**. Rio de Janeiro: Campus LTDA, 1984.

SÖDERQVIST, Lisbeth. Structuralism in architecture: a definition. **Journal of Aesthetics and Culture**, 3:1, p.5414, 2011.

SOLARWINDOW. **Solar Window Technology**. [Em linha]. [Consult. 20 Abr. 2018]. Disponível em WWW:<URL: <https://solarwindow.com/>>.

SOLROS. **Solros real light**. [Em linha]. [Consult. 20 Abr. 2018]. Disponível em WWW:<URL: <http://www.solros.com/>>.

SOUZA, Sayonara Michelle M. P.; DINIZ, Marineide Jussara. Concreto translúcido: luz natural para ambientes fechados. **Revista Eletrônica de Engenharia Civil**. 13:2, p.228-232, 2017.

SPYNDI. **Spyndi Furniture**. [Em linha]. [Consult. 20 Abr. 2020]. Disponível em WWW:<URL: <http://spyndi.com/>>.

SPUYBROEK, Lars. **The architecture of continuity**. Rotterdam: Nai010 publishers, 2008.

TANG, Qunwei; WANG, Xiaopeng; YANG, Peizhi; HE, Benlin. A Solar Cell That Is Triggered by Sun and Rain. **Angewandte Chemie. International Edition**. 55, p.5243–5246, 2016.

TESLA. **Tesla solar roof**. [Em linha]. [Consult. 20 Abr. 2018]. Disponível em WWW:<URL: https://www.tesla.com/pt_PT/solarroof?redirect=no>.

TRANSMATERIAL. **Chronos Chromos Concrete**. [Em linha]. [Consult. 05 Abr. 2018]. Disponível em WWW:<URL: <http://transmaterial.net/chronos-chromos-concrete/>>.

UPENN. University of Pennsylvania. History of Art. **Auguste Perret, Apartment building at 25 rue Franklin, Paris, 1902**. [Em linha]. [Consult. 20 Abr. 2020]. Disponível em WWW:<URL: <http://www.arth.upenn.edu/spr01/282/w4c1i01.htm>>.

VAN DEN HEUVEL, Dirk. Baumhäuser Berlin. **DASH, Delft Architectural Studies on Housing**. 07, p.104-113, 2018.

VELAYATI, Shiva; POURMOHAMMADI, Mohammad Reza; GHORBANI, Rasoul. Important factors in residential complex architecture in Tabriz. **A/Z ITU Journal of the Faculty of Architecture**, 15:3, p.109-121, 2018.

VENTURI, Robert. **Complexity and contradiction in architecture**. New York: Museum of Modern Art, 1977.

VICTROSA. **Turnable Corner**. [Em linha]. [Consult. 15 Maio 2018]. Disponível em WWW:<URL: <https://www.vitrocsa.co.uk/turnable/>>.

VILLA, Simone Barbosa. **Morar em apartamento**. São Paulo: Oficina de Textos, 2020.

VISTA DA MONTANHA. **Residencial Vista da Montanha**. Em linha]. [Consult. 20 Mar 2020]. Disponível em WWW:<URL: <https://vistadamontanha.com.br/>>.

WILKINSON, Sara J.; JAMES, Kimberley; REED, Richard. Using building adaptation to deliver sustainability in Australia. **Structural Survey**. 27:1 (2009), p.46-61.

WOGENO. **Hellmi neu, Brauerstrasse 75/Hohlstrasse 86 a, b, c**. [Em linha]. [Consult. 18 Jun 2018]. Disponível em WWW:<URL: <https://www.wogeno-zuerich.ch/haeuser/stadt-zuerich/hellmi-neu-hohl-brauerstr/>>.

XAVIER, Alberto; CORONA, Eduardo; LEMOS, Carlos Alberto Cerqueira. **Arquitetura moderna paulistana**. São Paulo: Romano Guerra Editora, 2017.

XIYU, Liu; MINGXI, Tang; FRAZER, John Hamilton. An eco-conscious housing design model based on co-evolution. **Advances in Engineering Software**. 36:2, p. 115-125, 2005.

YIANNOUDES, Socrates. **Architecture and adaptation: From cybernetics to tangible computing**. Londres: Routledge, 2016.

ZAX, David. **Samsung's Smart Window: part-window, part-touch screen. Cue the Minority Report references**. [Em linha]. MIT Technology Review [Consult. 15 Maio 2018]. Disponível em WWW:<URL: <https://www.technologyreview.com/s/426662/samsungs-smart-window/>>.

ZHI, G. S.; LO, S. M.; FANG, Z. A graph-based algorithm for extracting units and loops from architectural floor plans for a building evacuation model. **Computer-Aided Design**. 35:1, p. 1-14, 2003.

ŽIVKOVIĆ, Milica; JOVANOVIĆ, Goran. A method for evaluating the degree of housing unit flexibility in multi-family housing. **Facta Universitatis Series: Architecture and Civil Engineering**. 10:1, p.17-32, 2012.

ŽIVKOVIĆ, Milica; KEKOVIĆ, Aleksandar; KONDIĆ, Slaviša. The motives for application of the flexible elements in the housing interior. **Facta Universitatis Series: Architecture and Civil Engineering**.12:1, p.41-51, 2014.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 – Etapas de pesquisa.	23
Figura 2.1 – Maison Loucheur (1928), comparação entre organização durante o dia e à noite.	34
Figura 2.2 – Bloco de apartamentos Hufeisensiedlung (1925), indicação de espaços sem uso específico.	35
Figura 2.3 – Weissenhofsiedlung (1927), variação na divisão interna dos apartamentos.	35
Figura 2.4 – Robie House (1910), planta baixa do primeiro pavimento.	36
Figura 2.5 – Packaged House (1941), elementos de montagem e planta tipo.	36
Figura 2.6 – Wichita House (1945), protótipo e projeto original.	37
Figura 2.7 – BLPS (1938), protótipo.	38
Figura 2.8 – Living Pod (1967), desenho original e maquete do protótipo.	39
Figura 2.9 – Torre Nakagin (1972), composição e unidade residencial.	40
Figura 2.10 – Construção residencial e urbana conforme Yona Friedman (1957).	40
Figura 2.11 – Linz Haselgraben (1976), maquete e planta baixa.	41
Figura 2.12 – Ökohaus (1988), fachada e corte.	42
Figura 2.13 – Next 21 (1993), fachada e planta baixa terceiro pavimento.	42
Figura 2.14 – Domino 21 (2004), fachada e plantas esquemáticas.	43
Figura 2.15 – Domestic Transformer (2007), interiores com mobiliário multifuncional.	44
Figura 2.16 – Moriyama House (2005), composição de habitações.	44
Figura 2.17 – Small Home, Smart Home (2016), vários usos em um mesmo espaço.	45
Figura 2.18 – Fatores de flexibilização e influência dos tomadores de decisão.	47
Figura 2.19 – Pieter Vlamingsstraat, sequenciamento cômodo a cômodo.	54
Figura 2.20 – Razões para a modificação de layout.	56
Figura 2.21 – Casa de Las Flores (1931), usos dos apartamentos do levantamento.	57
Figura 2.22 – Apartamento Vroesenlaan (1935).	58

Figura 2.23 – Apartamento Bergpolder (1934).	58
Figura 2.24 – Custos x Benefícios para a adaptabilidade.	63
Figura 2.25 – Influência profissionais x benefícios para a adaptabilidade.....	64
Figura 2.26 – Planta baixa tipo A construção KEP, demonstração de uso da divisória.	66
Figura 2.27 – Especificação de atividades e uso dos espaços em habitações no Cairo.	67
Figura 3.1 – Palácio de Cristal (1851) e Galerie d’Orléans (1825).....	73
Figura 3.2 – Palazzetto dello Sport (1957) e Hipódromo de La Zarzuela (1941)...	75
Figura 3.3 – 4D Tower de Fuller (1929) e esquema estrutural Wachsmann (1924).	75
Figura 3.4 – Estrutura “faça você mesmo” concebida por arquitetos do MIT (1956).	76
Figura 3.5 – Milwaukee Art Museum (1997) e Bengt Sjostrom Starlight (2003). ...	77
Figura 3.6 – Wallbot (2011).	80
Figura 3.7 – Adaptive Fritting (2009).	81
Figura 3.8 – URhouse (2013).	81
Figura 3.9 – City Home (2011).	82
Figura 3.10 – Softwall (2010).	82
Figura 3.11 – Flexible Wood (2018).	83
Figura 3.12 – EverBlock (2018).	83
Figura 3.13 – Shapeshift (2010) e Claytronics (2020).....	84
Figura 3.14 – Concreto translúcido (2017).	85
Figura 3.15 – Hidrocerâmica (2014).	85
Figura 3.16 – Live OS (2018).	86
Figura 3.17 – Thread Robe (2017).	86
Figura 3.18 – Mobiliário Spyndi (2016).	87
Figura 3.19 – Bloomframe window (2015).	90
Figura 3.20 – MoreSky (2015).	90
Figura 3.21 – Cortina de vidro e Turnable Corner (2014).	91
Figura 3.22 – Glass Façade Sur Falveng (2006).	91
Figura 3.23 – Smart Window Samsung (2012).	92
Figura 3.24 – T technology (2018).....	94
Figura 3.25 – Chronos Chromos Concrete (2015).	94

Figura 3.26 – Node system (2018).	97
Figura 3.27 – Solros system (2018).	97
Figura 3.28 – Telhas solares (2018).	98
Figura 3.29 – Eletrofita (2018).	98
Figura 4.1 – Comparação habitação ortogonal e condensada com ortogonal e dispersa.	110
Figura 4.2 – Tipos de circulação.	111
Figura 4.3 – Casa tradicional japonesa (1850) e Hufeisensiedlung (1925).	112
Figura 4.4 – Casa de Las Flores (1931), possibilidade de uso.	113
Figura 4.5 – Diagoon House (1967).	113
Figura 4.6 – Dapperbuurt (1989).	114
Figura 4.7 – Dom Ino (1914) estrutura independente e alvenaria estrutural.	115
Figura 4.8 – Schröder Huis (1924).	116
Figura 4.9 – Lake Shore Drive (1948) e Casa de Las Flores (1931).	117
Figura 4.10 – Charlottenburg-Nord (1958) e Überbauung Hellmutstrasse (1985).	117
Figura 4.11 – Instalação revestimentos.	118
Figura 4.12 – Letohradská (1937) e Single-space House for Four People (1957).	119
Figura 4.13 – MIMA House (2011).	120
Figura 4.14 – Apartamento Unfolding (2007).	121
Figura 4.15 – Habitat'67 (1967).	122
Figura 4.16 – Hellmutstrasse Neu (1985).	123
Figura 4.17 – Edifício Weisenhofsiedlung (1927) e Edifício Simpatia (2007).	124
Figura 4.18 – Residencial Wohnen am Lohbach (1997) e Pelgromhof (1998).	125
Figura 4.19 – Extendible houses 't Hool (1963).	125
Figura 4.20 – Layers da construção.	126
Figura 4.21 – Montereau (1971).	127
Figura 4.22 – Living Room (2005).	128
Figura 4.23 – Flexibo (1976).	128
Figura 5.1 – Importâncias critérios grupo construção.	141
Figura 5.2 – Importância critérios estratégias.	143
Figura 5.3 – Exemplo de questão para as particularidades dos critérios.	144
Figura 5.4 – Preferências critérios construção.	145

Figura 5.5 – Preferências critérios estratégias.....	146
Figura 5.6 – Determinação do Índice.....	151
Figura 6.1 – Comparação entre linguagem de programa escrita e programação visual.....	157
Figura 6.2 – Lógica para o critério Geometria Paredes.	161
Figura 6.3 – Lógica para o critério Geometria Compacto.....	161
Figura 6.4 – Lógica para o critério Circulação Área.	162
Figura 6.5 – Lógica para o critério Circulação Tipo.....	162
Figura 6.6 – Lógica para o critério Área Útil/Construída.	163
Figura 6.7 – Lógica para o critério Proporção Usos.....	163
Figura 6.8 – Lógica para o critério Hierarquia.	164
Figura 6.9 – Lógica para o critério Pé-direito.	164
Figura 6.10 – Lógica para o critério Apoio.	164
Figura 6.11 – Lógica para o critério Estrutura.	165
Figura 6.12 – Lógica para o critério Vedações Verticais.	165
Figura 6.13 – Lógica para o critério Aberturas.	166
Figura 6.14 – Lógica para o critério Acessos.....	166
Figura 6.15 – Lógica para o critério Revestimentos.....	167
Figura 6.16 – Geometria Paredes no Dynamo.	168
Figura 6.17 –Geometria Compacto no Dynamo.	169
Figura 6.18 – Circulação Área no Dynamo.....	170
Figura 6.19 – Circulação Tipo no Dynamo.	171
Figura 6.20 – Determinação das coordenados dos pontos X e Y centrais do projeto.	172
Figura 6.21 – Área útil/Construída no Dynamo.....	173
Figura 6.22 – Proporção Usos no Dynamo.....	174
Figura 6.23 – Hierarquia no Dynamo (parte 1).	175
Figura 6.24 – Hierarquia no Dynamo (parte 2).	176
Figura 6.25 – Pé-direito no Dynamo.....	177
Figura 6.26 – Apoio no Dynamo.....	178
Figura 6.27 – Estrutura no Dynamo (parte 1).	179
Figura 6.28 – Estrutura no Dynamo (parte 2).	180
Figura 6.29 – Vedação Vertical no Dynamo.	181
Figura 6.30 – Aberturas no Dynamo (parte 1).	182

Figura 6.31 – Aberturas no Dynamo (parte 2).	183
Figura 6.32 – Acessos no Dynamo (parte 1).	184
Figura 6.33 – Acessos no Dynamo (parte 2).	185
Figura 6.34 – Revestimentos no Dynamo.....	186
Figura 6.35 – Lógica para o critério Espaços Indeterminados.	187
Figura 6.36 – Lógica para o critério Mobiliário Multifuncional.	187
Figura 6.37 – Lógica para o critério Espaços Multifuncionais.	188
Figura 6.38 – Lógica para o critério Planta Livre.	188
Figura 6.39 – Lógica para o critério Zona técnica e de Serviços.....	189
Figura 6.40 – Lógica para o critério Acesso para Manutenção.	189
Figura 6.41 – Lógica para o critério Modularização Paredes.	189
Figura 6.42 – Lógica para o critério Modularização Portas.	190
Figura 6.43 – Lógica para o critério Modularização Aberturas.	190
Figura 6.44 – Espaços Indeterminados no Dynamo	191
Figura 6.45 – Mobiliário Multifuncional no Dynamo	192
Figura 6.46 – Planta Livre no Dynamo (parte1).	193
Figura 6.47 – Planta Livre no Dynamo (parte 2).	194
Figura 6.48 – Planta Livre no Dynamo (parte 3).	195
Figura 6.49 – Espaços Multifuncionais no Dynamo.	196
Figura 6.50 – Zona Técnica e de Serviço no Dynamo (parte 1).....	197
Figura 6.51 – Zona Técnica e de Serviço no Dynamo (parte 2).....	198
Figura 6.52 – Zona Técnica e de Serviço no Dynamo (parte 3).....	199
Figura 6.53 – Acesso Manutenção no Dynamo.	200
Figura 6.54 – Modularização Janelas no Dynamo (parte 1).....	201
Figura 6.55 – Modularização Janelas no Dynamo(parte 2).....	202
Figura 6.56 – Modularização Portas no Dynamo (parte 1).....	203
Figura 6.57 – Modularização Portas no Dynamo (parte 2).....	204
Figura 6.58 – Modularização Paredes no Dynamo (parte 1).....	205
Figura 6.59 – Modularização Paredes no Dynamo (parte 2).....	206
Figura 6.60 – Modularização Paredes no Dynamo (parte 3).....	207
Figura 6.61 – Modularização Paredes no Dynamo (parte 4).....	208
Figura 7.1 – Localização apartamentos Franklin.	212
Figura 7.2 – Imagens externas apartamentos Franklin.....	213

Figura 7.3 – Planta baixa apartamento Franklin. Nomenclatura cores: amarelo – setor social, verde – setor privado, vermelho – setor serviço.	213
Figura 7.4 – Planta baixa Franklin no Revit.	214
Figura 7.5 – Localização Casa de Las Flores.	218
Figura 7.6 – Imagens externas Casa de Las Flores.	219
Figura 7.7 – Planta baixa Casa de Las Flores. Nomenclatura cores: amarelo – setor social, verde – setor privado, vermelho – setor serviço.	219
Figura 7.8 – Planta baixa Casa de Las Flores no Revit.	220
Figura 7.9 – Localização edifício Prudência.	223
Figura 7.10 – Imagens externas edifício Prudência.	223
Figura 7.11 – Planta baixa apartamento edifício Prudência. Nomenclatura cores: amarelo – setor social, verde – setor privado, vermelho – setor serviço.	224
Figura 7.12 – Planta baixa Prudência no Revit.	225
Figura 7.13 – Localização Dapperbuurt.	228
Figura 7.14 – Imagens externas Dapperbuurt.	229
Figura 7.15 – Planta baixa Dapperbuurt. Nomenclatura cores: amarelo – setor social, verde – setor privado, vermelho – setor serviço.	229
Figura 7.16 – Planta baixa Dapperbuurt no Revit.	230
Figura 7.17 – Localização Lúcia.	233
Figura 7.18 – Imagens externas Lúcia.	233
Figura 7.19 – Planta baixa Lúcia. Nomenclatura cores: amarelo – setor social, verde – setor privado, vermelho – setor serviço.	234
Figura 7.20 – Planta baixa Lúcia no Revit.	235
Figura 7.21 – Localização edifício Odivelas.	238
Figura 7.22 – Imagens externas edifício Odivelas.	238
Figura 7.23 – Planta baixa original Odivelas. Nomenclatura cores: amarelo – setor social, verde – setor privado, vermelho – setor serviço.	239
Figura 7.24 – Planta baixa original Odivelas no Revit.	240
Figura 7.25 – Planta baixa Odivelas após reforma no Revit.	241
Figura 7.26 – Localização edifício Vista da Montanha.	245
Figura 7.27 – Imagens externas edifício Vista da Montanha.	245
Figura 7.28 – Planta baixa Vista da Montanha. Nomenclatura cores: amarelo – setor social, verde – setor privado, vermelho – setor serviço.	246
Figura 7.29 – Planta baixa Vista da Montanha no Revit.	247

Figura 7.30 – Localização edifício Bau 727.	250
Figura 7.31 – Imagens externas edifício Bau 707.	250
Figura 7.32 – Planta baixa Bau 727. Nomenclatura cores: amarelo – setor social, verde – setor privado, vermelho – setor serviço.	251
Figura 7.33 – Planta baixa Bau no 727 Revit.	252
Figura 7.34 – Localização edifício Nautilus Parque II.	255
Figura 7.35 – Imagens externas edifício Nautilus Parque II.	255
Figura 7.36 – Planta baixa Nautilus Parque II. Nomenclatura cores: amarelo – setor social, verde – setor privado, vermelho – setor serviço.	256
Figura 7.37 – Planta baixa Nautilus II no Revit.	257
Figura 8.1 – Odivelas projeto original e com alterações	267
Figura 8.2 – Vista da Montanha projeto original e com alterações.	267
Figura 8.3 – Perspectiva lavanderia apartamento Odivelas com uso da divisória Adaptive Fritting.	269
Figura 8.4 – Perspectiva da circulação para a sala de estar/jantar do projeto Odivelas com as divisórias MI23, EverBlock e Wallbot.	269
Figura 8.5 – Perspectiva da sala de estar/jantar para a porção dos dormitórios no projeto Vista da Montanha com o uso do CityHome e URHouse.	272
Figura 8.6 – Perspectiva da sala de estar/jantar para a porção dos dormitórios no projeto Vista da Montanha com o uso de paredes interativas.	272
Figura 8.7 – Perspectiva lavanderia do apartamento Odivelas antes e após uso do Thread Robe.	272
Figura 8.8 – Pixel Façade.	275

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1.1 – Teses de Doutorado com o tema flexibilidade e adaptabilidade.	21
Tabela 1.2 – Enquadramento metodológico da pesquisa.....	22
Tabela 2.1 – Tópicos abordados no contexto atual da flexibilidade e adaptabilidade.	45
Tabela 2.2 – Estratégias de desenho para a flexibilidade.	46
Tabela 2.3 – Formas de desenhar a habitação	50
Tabela 2.4 – Questionamentos sobre a flexibilidade.....	53
Tabela 2.5 – Artigos flexibilidade conforme ano de publicação.....	59
Tabela 2.6 – Artigos adaptabilidade conforme ano de publicação.	68
Tabela 3.1 – Evolução da tecnologia.	77
Tabela 5.1 – Critérios construção.	137
Tabela 5.2 – Critérios estratégias.	137
Tabela 5.3 – Exemplo de pergunta para a identificar a importância dos critérios.	139
Tabela 5.4 – Atributos para a mensuração dos critérios construção dos espaços habitacionais.	149
Tabela 5.5 – Atributos para a mensuração dos critérios estratégias dos espaços habitacionais.	150
Tabela 5.6 – Escala de avaliação do índice de desempenho.....	151
Tabela 5.7 – Exemplo Índice de Adaptabilidade	152
Tabela 5.8 – Exemplo Índice de Flexibilidade	153
Tabela 7.1 – Critérios construção apartamento Franklin.....	217
Tabela 7.2 – Critérios estratégias apartamento Franklin.	217
Tabela 7.3 – Critérios construção Casa de Las Flores.....	222
Tabela 7.4 – Critérios estratégias Casa de Las Flores.....	222
Tabela 7.5 – Critérios construção edifício Prudência.	227
Tabela 7.6 – Critérios estratégias edifício Prudência.	227
Tabela 7.7 – Critérios construção Dapperbuurt.....	232
Tabela 7.8 – Critérios estratégias Dapperbuurt.....	232
Tabela 7.9 – Critérios construção Lúcia.	237

Tabela 7.10 – Critérios estratégias Lúcia.....	237
Tabela 7.11 – Critérios construção Odivelas original.	243
Tabela 7.12 – Critérios construção Odivelas reforma	243
Tabela 7.13 – Critérios estratégias Odivelas original.	244
Tabela 7.14 – Critérios estratégias Odivelas reforma.	244
Tabela 7.15 – Critérios construção Vista da Montanha.....	249
Tabela 7.16 – Critérios estratégias Vista da Montanha.....	249
Tabela 7.17 – Critérios construção Bau 727.	254
Tabela 7.18 – Critérios estratégias Bau 727.	254
Tabela 7.19 – Critérios construção Nautilus Parque II.	259
Tabela 7.20 – Critérios estratégias Nautilus Parque II.	259
Tabela 7.21 – Tabela comparativa Índices de Adaptabilidade e Flexibilidade.....	260

ACRÓNIMOS E ABREVIATURAS

ACSS - Architectural Consultant Selection System
AGFP - Avaliação do Grau de Flexibilidade Projetual
AHP - Analytic Hierarchy Process
AWC - American Wood Council
BIM - Building Information Modeling
BLPS - Beaudouin, Lods, Prouvé, Strasbourg
CIAM - Congrès Internationaux d'Architecture Moderne
CIID - Copenhagen Institute of Interaction Design
CMU - Carnegie Mellon University
CSA - Comparative Selection method for Adaptability measures
DSM - Dependency Structure Matrix
DW - Deutsche Welle
EAP - Electroactive polymers
ETH Zurich - Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
ETSAM - Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid
FLC - Foundation Le Corbusier
GEAM - Groupe d'Études d'Architecture Mobile
HQI - Housing Quality Indicators
IACC - Institute for Advanced Architecture of Catalonia
IACC - Institute for Advanced Architecture of Catalonia (IACC)
IBA - Internationale Bau Ausstellung
IoT - Internet of Things
JPG - Justified Plan Graph
KEP - Kodan Experimental-housing Project
MDF - Medium-Density Fiberboard
MIT - Massachusetts Institute of Technology (MIT)
MIVES - Integrated Value Model for the Sustainability Assessment
PDLC - Polymer Dispersed Liquid Crystal
QFD - Quality Function Deployment
RAD Lab - Responsive Architecture Lab

SAGA - Spatial Assessment of Generality and Adaptability
SAR - Stichting Architecten Research
TIC - Tecnologias de Informação e Comunicação
TOPSIS - Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution
TU Delft - Delft University of Technology
UCL - University College London
UPENN - University of Pennsylvania.
WASPAS - Weighted Aggregated Sum Product Assessment

APÊNDICE

Apêndice A

Instrumento de coleta

Critérios e estratégias de adaptabilidade na habitação

Este questionário tem por objetivo compreender a perspectiva do arquiteto sobre a adaptabilidade na habitação. O questionário está dividido em quatro seções: Critérios da construção, Prioridade dos critérios, Estratégias para a Adaptabilidade e Prioridade das estratégias. Em cada seção encontra-se descrito o objetivo específico e o tipo de resposta destinado para cada questão. O questionário foi desenvolvido para ser preenchido em não mais que 5 minutos.

***Obrigatório**

1. Email de contato: *

2. Escritório ou Instituição de ensino pertencente: *

3. País: *

Marcar apenas uma oval.

☐ Brasil

☐ Portugal

4. Conforme sua opinião, selecione o nível de relevância de cada um dos elementos abaixo para a adaptabilidade na habitação. *

Marcar apenas uma oval por linha.

	Sem relevância	Pouco relevante	Razoavelmente relevante	Relevante	Muito relevante
Forma geométrica e dimensão dos espaços e da planta baixa	☐	☐	☐	☐	☐
Proporção/hierarquia entre os espaços da habitação	☐	☐	☐	☐	☐
Quantidade e localização dos acessos	☐	☐	☐	☐	☐
Tipo e dimensão da Circulação/Organização da habitação	☐	☐	☐	☐	☐
Sistema estrutural	☐	☐	☐	☐	☐
Tipo de vedação vertical (alvenaria, divisória leve, etc)	☐	☐	☐	☐	☐
Revestimentos	☐	☐	☐	☐	☐
Altura do pé-direito	☐	☐	☐	☐	☐
Quantidade de vedações verticais com infraestrutura (energia, água...)	☐	☐	☐	☐	☐
Proporção da área construída com a área útil	☐	☐	☐	☐	☐
Proporção de paredes com e sem janela	☐	☐	☐	☐	☐

Prioridade dos
critérios

Entre as opções disponíveis dentro de cada critério a seguir, selecione na sua opinião o que é mais relevante para a adaptabilidade na habitação.

5. 1. Geometria dos espaços *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Geometria com formato regular
☐ Geometria modulada

6. 2. Função *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Espaços com hierarquia
☐ Espaços genéricos

7. 3. Acessos *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Múltipla por cômodos
- ☐ Múltipla por unidade habitacional

8. 4. Circulação/organização *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Central
- ☐ Linear

9. 5. Estrutura *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Independente
- ☐ Transformável

10. 6. Vedações verticais *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Móveis
- ☐ Alteráveis

11. 7. Revestimento *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Facilmente removível
- ☐ Permite transformações

12. 8. Infraestrutura *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Concentrada
- ☐ Acessível

13. 9. Relações de fachada *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Maior número de paredes cegas
- ☐ Maior número de paredes com janela

14. Caso algum critério para a adaptabilidade na habitação tenha sido desconsiderado, descreva-o abaixo:

15. Conforme sua opinião, selecione o nível de relevância de cada uma das estratégias abaixo para a adaptabilidade na habitação. *

Marcar apenas uma oval por linha.

	Sem relevância	Pouco relevante	Razoavelmente relevante	Relevante	Muito relevante
Espaços indeterminados	☐	☐	☐	☐	☐
Modularidade (estrutural, partições, componentes, etc)	☐	☐	☐	☐	☐
Mobiliário multifuncional	☐	☐	☐	☐	☐
Espaços multifuncionais	☐	☐	☐	☐	☐
Opções de programa arquitetônico, em que podem ser consideradas outras unidades habitacionais	☐	☐	☐	☐	☐
Planta livre	☐	☐	☐	☐	☐
Zoneamento	☐	☐	☐	☐	☐
Expansabilidade	☐	☐	☐	☐	☐
Layers das diferentes componentes da construção (vida útil)	☐	☐	☐	☐	☐
Acesso para manutenção de infraestruturas	☐	☐	☐	☐	☐
Flexibilidade de componentes	☐	☐	☐	☐	☐
Participação do usuário na concepção da habitação	☐	☐	☐	☐	☐

Prioridade das
estratégias

Entre as opções disponíveis dentro de cada estratégia a seguir, selecione na sua opinião o que é mais relevante para a adaptabilidade na habitação.

16. 1. Espaços indeterminados *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Espaços indeterminados com conexão visual
- ☐ Espaços indeterminados com conexão física

17. 2. Modularidade *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Modularidade estrutural
- ☐ Modularidade de infraestrutura
- ☐ Modularidade nas dimensões

18. 3. Mobiliário multifuncional *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Mobiliário com mais de uma função dentro de um mesmo espaço
- ☐ Mobiliário que gere diferentes espaços

19. 4. Espaços multifuncionais *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Espaço multifuncional com outro espaço de apoio
- ☐ Espaço multifuncional com mais de um acesso

20. 5. Opção de programa arquitetônico *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Opção de programa com a adição de outras unidades habitacionais
- ☐ Opção de programa em uma mesma unidade habitacional

21. 6. Planta livre *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Planta livre modulada
- ☐ Planta livre com mais de um acesso

22. 7. Zoneamento *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Zoneamento entre zona fixa/flexível
- ☐ Zoneamento para infraestrutura

23. 8. Expansibilidade *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Expansão para área de apoio
- ☐ Expansão para infraestrutura

24. 9. Layers *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Layers conforme vida útil/durabilidade
- ☐ Layers com supracapacidade

25. 10. Acesso manutenção *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Acesso para manutenção centralizado
- ☐ Acesso para manutenção com mais de uma possibilidade

26. 11. Participação usuário *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Participação do usuário por autoconstrução
- ☐ Participação do usuário com apoio do arquiteto

27. Caso alguma estratégia para a adaptabilidade na habitação tenha sido desconsiderado, descreva-o abaixo:

23. 8. Expansibilidade *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Expansão para área de apoio
- ☐ Expansão para infraestrutura

24. 9. Layers *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Layers conforme vida útil/durabilidade
- ☐ Layers com supracapacidade

25. 10. Acesso manutenção *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Acesso para manutenção centralizado
- ☐ Acesso para manutenção com mais de uma possibilidade

26. 11. Participação usuário *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Participação do usuário por autoconstrução
- ☐ Participação do usuário com apoio do arquiteto

27. Caso alguma estratégia para a adaptabilidade na habitação tenha sido desconsiderado, descreva-o abaixo:
