

## **Nível de adequação de sistemas construtivos empregados no Brasil à abordagem Open Building: uma ferramenta de avaliação (versão 3)**

### **Rosamônica da Fonseca Lamounier**

Arquiteta Urbanista, Mestre e Doutora em Arquitetura e Urbanismo pela EA-UFMG; Professora no CEUNIH e na UIT  
rosamonicafl@gmail.com

### **Carolina Albuquerque de Moraes**

Arquiteta Urbanista pela PUCMinas e Mestre em Engenharia Civil pela UFOP; Professora no CEUNIH e na UIT  
albuquerque.arq@gmail.com

### **Rodrigo Rocha de Freitas**

Arquiteto Urbanista pelo CEUNIH e Mestrando em Arquitetura e Urbanismo pelo NPGAU/EA-UFMG  
rodrigoroachaf@gmail.com

## **Eixo: O projeto na produção da cidade sul-americana contemporânea**

### **Introdução**

A habitação mercadológica multifamiliar no Brasil, em geral, é marcada pela não flexibilidade espacial e pela não participação do morador nos processos decisórios de sua produção. Pesquisas brasileiras têm criticado a produção padronizada e massificada dessa habitação, de pequenas a grandes escalas, por agentes públicos ou privados, para classes de menor ou maior renda (MORADO NASCIMENTO & TOSTES 2011; TRAMONTANO 1998; ANITELLI 2015; LAMOUNIER 2017). Outras pesquisas também revelam um contingente de pessoas insatisfeitas, por viverem em espaços que não atendem as suas necessidades habitacionais mutantes no tempo, além de serem deslocadas para regiões periféricas, diminuindo seu acesso aos benefícios da infraestrutura urbana (PRAXIS-EA/UFMG 2014; LAMOUNIER 2017).

Esse cenário se estende para outros países da América do Sul, mas já se assistem avanços com algumas experiências como as cooperativas de habitação por ajuda mútua do Uruguai e a habitação incremental do escritório Elemental de Alejandro Aravena no Chile. A experiência uruguaia com a promoção de habitações por copropriedade ou propriedade comum é uma espécie de exceção positiva no cenário mundial atual de desmantelamento das políticas habitacionais (ROLNIK, 2014). Já a produção arquitetônica de Aravena, que lhe rendeu o Prêmio Pritzker 2016, guarda certas similaridades com alguns preceitos aqui discutidos – engajamento político, projeto participativo e espaços abertos à expansão futura – mas ainda explora pouco a mistura de rendas familiares, funções e tipologias em um mesmo empreendimento, assim como o conceito de capacidade de suas ‘estruturas flexíveis’ (OSMAN, 2016; LAMOUNIER, 2017).

Pensar um edifício a partir de seu potencial de atendimento aos seus ocupantes, independentemente de suas necessidades, favorece a concepção de espaços menos rígidos e determinados e, logo, mais coerentes ao dinamismo característico das ocupações nas cidades. Este tipo de abordagem também favorece processos de produção das cidades mais alinhados ao entendimento de sustentabilidade, tornando possível o maior aproveitamento do que já está construído. Todavia, este pensamento implica em uma mudança de percepção sobre a produção de moradias.

Ao longo do século XX, vários arquitetos se ocuparam de desenvolver estratégias que garantissem a indeterminação nas habitações, além do suprimento de estruturas básicas que garantissem sua ocupação como ilustra a linha do tempo construída por LAMOUNIER (2017, p.132). Entretanto, somente na segunda metade do século passaram a ser sistematizadas metodologias que garantissem aos moradores participação ativa na construção de seus lares, através de uma lógica da prática que considerava a redistribuição de forças no processo de produção de edifícios coletivos.

Essa alternativa foi primeiramente elaborada por John Habraken (2011) em sua Teoria dos Suportes (1961), quando a lógica vigente é a da redução de uma necessidade humana básica – morar – a um produto – habitação (TURNER, 1976). A mercantilização da moradia, promovida e operada por um modelo capitalista, afasta os indivíduos de sua relação – antes natural – com o espaço habitado. Somente através da associação entre morar e construir as pessoas estabelecem um sentimento de posse sobre o espaço (HABRAKEN, 2011). Então, pensar a indeterminação e capacidade de provisão de um edifício é entender sua produção como processo, inserido em um contexto urbano como parte da dialética espaço-sociedade.

Os desdobramentos da teoria de Habraken levaram à organização de uma sequência de grupos<sup>1</sup> de pesquisadores, profissionais e industriais, responsáveis pela sistematização, experimentação e concepção de uma abordagem de produção do espaço chamada, mais tarde (2000), de *Open Building*, ou Arquitetura Aberta.

O termo *Open Building*, então, assume três significados distintos (LAMOUNIER, 2017), podendo referir-se: [1] à abordagem projetual desenvolvida, uma teoria ou uma metodologia; [2] à rede atual de pesquisadores empenhada no estudo e desenvolvimento desta abordagem – *Open Building Implementation*<sup>2</sup>; e [3] aos edifícios produzidos a partir desta abordagem. Seu principal foco está na garantia de maior autonomia aos moradores, organizando o espaço construído em diferentes escalas que correspondem a níveis de decisão delegados a diferentes agentes da produção habitacional, assim como ilustrado na Figura 1. Uma das formas de garantir a distinção entre os níveis é a partir da clara marcação entre as esferas mais públicas e as mais privadas, valendo-se da separação entre suporte e recheio proposta por Habraken (2011).

Para que esse processo ocorra, existem dois momentos no processo de produção: o coletivo, que equivale no projeto ao suporte, de decisão coletiva, fixo e geral; e o individual, que corresponde ao recheio, sendo mutável, desacoplável ou desconectável e específico, de decisão de cada morador e apresenta condições individuais ou personalizadas de habitabilidade, conforme necessidades

<sup>1</sup> SAR (Fundação para a Pesquisa Arquitetônica, do holandês Stichting Architecten Research, 1964-1984); FOB (Fundação Open Building, 1984-2000) e OBOM (Open Building Development Model, 1984-...).

<sup>2</sup> Open Building Implementation (W104) é atualmente uma Comissão do CIB (International Council for Research and Innovation in Building and Construction), consistindo numa rede internacional e a oficial do movimento, cujos coordenadores atuais são os arquitetos e professores Jia Beisi da China e a Amira Osman da África do Sul. Existem outras representações mais localizadas como o Council on Open Building, nos Estados Unidos, sob a coordenação do arquiteto e professor emérito Stephen Kendall.

particulares de cada família. Por suporte, entende-se a parte mais pública das edificações, concebida como desdobramento do tecido urbano, garantindo sua continuidade. Esta estrutura deve ser capaz de garantir a construção de moradias como unidades autônomas, que não interfiram nas demais, provendo ao morador liberdade de transformação sobre sua unidade individual. Já o recheio, corresponde ao que conforma o espaço de cada unidade, sendo sua construção delegada ao morador, mas de forma a garantir a integridade do suporte para os próximos ocupantes.

Ambos os momentos pressupõem um conjunto de decisões técnicas, estéticas, financeiras e sociais em níveis distintos de tomada de decisão. Portanto, a teoria pressupõe processos de tomada de decisão – de influência na definição do suporte, ou de controle na definição do recheio – com ação política, e não somente como que o suporte deve ser projetado e desenhado. (LAMOUNIER, 2017)

O diagrama da Figura 1 mostra: [1] que os níveis de intervenção assumem fisicamente um espaço, definindo limites da construção, entre aquilo que é suporte e aquilo que é recheio; [2] como se dá a organização social das partes interessadas; [3] qual é o território de cada parte e sua relação com o nível de influência (no suporte) e de controle (no recheio), [4] além de sugerir tempo de duração das decisões.

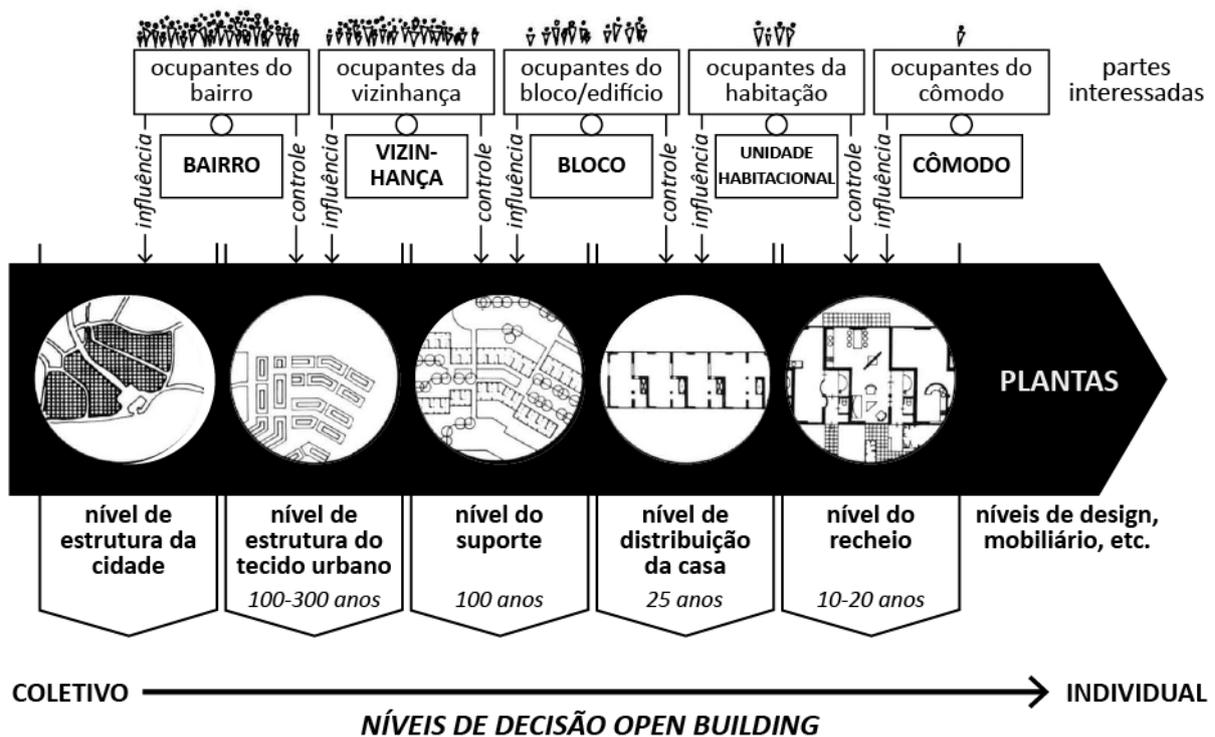


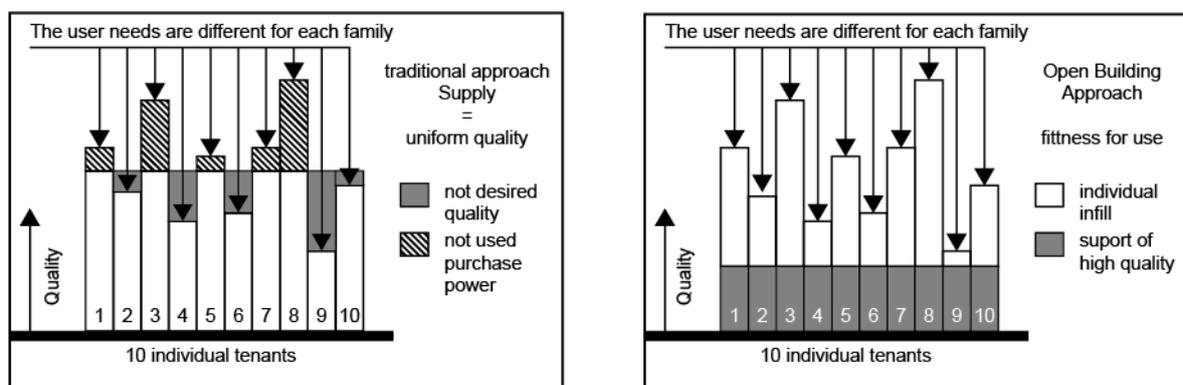
Figura 1 – Níveis de intervenção do Open Building. Fonte: Kendall & Teicher (2000, p.6) e [www.open-building.org.br](http://www.open-building.org.br), traduzido por Lamounier (2017)

Do ponto de vista construtivo (e físico), o suporte corresponde ao que é fixo e geral, concebido de tal forma que permita a retirada, colocação, alteração ou expansão daquilo que corresponde ao recheio e sem grandes perturbações no sistema construtivo geral. Num edifício, geralmente suporte corresponde aos sistemas estrutural (lajes, apoios etc.), de abastecimento de água, energia e gás, esgotamento sanitário e sistema de drenagem, com parte das instalações, elétricas, telefônicas, de

segurança, água e lixo, enfim, ao mínimo necessário, seguro e durável para que o morador receba uma unidade habitacional e complete com aquilo que dependa exclusivamente de sua escolha e decisão. Já o recheio pode corresponder fisicamente ao arranjo interno dos cômodos, com paredes ou divisórias, esquadrias internas e externas (quando fachada for considerada recheio), forro, pisos, acabamentos em geral, luminárias, pontos e ramificações elétricas, hidráulicas, equipamentos de cozinha e banheiro, mobiliário etc. O limite entre suporte e recheio pode variar de projeto para projeto. (LAMOUNIER, 2017)

Isto posto, o presente artigo, que é fruto de uma pesquisa em andamento<sup>3</sup>, visa propor alternativas para a problemática rigidez espacial e consequente impossibilidade de ação do morador sobre o espaço. Conforme Lamounier *et al.* (2018; 2019), a base teórica da pesquisa encontra sustentação em Habraken (*Teoria dos Suportes*, 1961); nos princípios do Open Building (KENDALL, 2004) e no método de análise por multicritérios (BRYMAN, 2016). Foram também muito importantes a série de artigos sobre o Método FLEX (GERAEDTS, 2014; 2015; 2016a E 2016b), assim como o Método AAT (*Adaptability Assessment Tool* (OSMAN *et al.*, 2011), métodos que avaliam edifícios flexíveis a partir de suas estratégias projetuais e os quais influenciaram o desenvolvimento inicial da ferramenta aqui apresentada.

A abordagem Open Building se justifica, exatamente devido à proposição da distinção entre os níveis de decisão, coletivo e individual, como sendo o diferencial da teoria. Tais níveis são fundamentalmente de caráter político, mas também representados fisicamente nas partes de um edifício pelo suporte (de longa durabilidade e menos mutável) e pelo recheio (unidades separáveis e de menor vida útil). (Figura 2)



\*Abordagem tradicional: Um padrão para todos

\*Abordagem do Open Building: Uma resposta flexível para as diferentes necessidades dos usuários

Figura 2 – Abordagens tradicional e do Open Building. Fonte: Karel Dekker, 2016.

<sup>3</sup> “Sistemas, subsistemas e componentes construtivos aderentes à metodologia Open Building”, do Grupo de Pesquisa LabFlex, certificado pelo CNPq e sediado no Centro Universitário Metodista Izabela Hendrix, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil, coordenado pela Professora Dra. Rosamônica da Fonseca Lamounier. Participam do projeto a Professora Ms. Carolina Albuquerque de Moraes, o pesquisador Rodrigo Rocha de Freitas, os estudantes Edésio Rocha Júnior, Gabriel de Lima Barbosa e Rômulo Vinícius dos Santos, e o Pesquisador Ruben Gonçalves do Vale. O projeto teve parceria com um grupo de pesquisa do Curso de Arquitetura e Urbanismo da UFOP, coordenado pelo Professor Dr. Clécio Magalhães do Vale e pela Professora Ms. Giselle Oliveira Mascarenhas. A pesquisa também tem parceria com o grupo PRAXIS-EA/UFMG, coordenado pela Professora Dra. Denise Morado Nascimento.

Mais especificamente, a pesquisa tem investigado no Brasil sistemas, subsistemas e componentes construtivos adequados à abordagem Open Building em seus aspectos tecnológicos enunciados no 4º Princípio<sup>4</sup> do movimento, cuja ideia é:

a interface entre os sistemas ou componentes técnico-construtivos deve permitir a substituição de um sistema ou componente por outro de mesma função com o mínimo de perturbação dos sistemas ou componentes existentes. (KENDALL 2004)

O presente texto consiste numa revisão e aprimoramento de dois artigos da referida pesquisa (LAMOUNIER *et al.*, 2018 e LAMOUNIER *et al.*, 2019), cujo objetivo é desenvolver uma ferramenta para avaliar a capacidade adaptativa, ou o grau de flexibilidade, de sistemas e componentes construtivos empregados no Brasil, tendo como estudo de caso a produção residencial.

Hermans *et al* (2013, p. 3), define a capacidade adaptativa de um edifício com sendo sua aptidão em suportar mudanças devido a demandas e circunstâncias ao longo de sua vida útil, mantendo-se funcional de forma sustentável e economicamente viável. Pesquisas ligadas ao *Open Building* já se ocuparam em desenvolver ferramentas de análise do potencial de transformação de edifícios existentes a partir de abordagens sistematizadas pela rede de pesquisadores, como as já citadas AAT e o Método FLEX.

Enquanto o método AAT se ocupa de definir o grau de complexidade das possíveis modificações, o FLEX é baseado na sistematização de parâmetros construídos através de uma extensa revisão bibliográfica de estratégias projetuais que garantam a produção de espaços de alta capacidade adaptativa – permitindo, portanto, sua aplicação tanto na análise de edifícios existentes quanto no estabelecimento de diretrizes para projetos de novas estruturas-suporte.

Tomando como ponto de partida o Método FLEX e a tese de Lamounier (2017), que discute as possibilidades de implantação de uma abordagem de Arquitetura Aberta no Brasil, o Grupo Labflex vem desenvolvendo uma pesquisa voltada para o entendimento do repertório construtivo brasileiro, de modo a propor uma ferramenta de aferição do nível de aderência dos diferentes componentes construtivos ao Open Building, tendo como pressuposto principal o 4º Princípio do movimento.

Conforme discutido em Lamounier *et al.* (2018 e 2019), a pesquisa visa propor alternativas para a padronizada e massificada produção heterônoma residencial brasileira. Este artigo amplia e aprofunda suas primeiras versões quanto à [1] revisão dos conceitos, consolidando a terminologia adotada na construção da ferramenta; [2] ampliação do objeto de estudo com complementação dos dados de pesquisa referentes a um maior número de componentes construtivos coletados e estudados; [3] aprofundamento, análise e discussão dos resultados, assim como [4] estabelecimento de uma nova fase para a pesquisa.

Além do universo de produção de novas moradias, a ferramenta aqui apresentada também se aplica à análise de edifícios vazios ou inacabados e que poderiam ser requalificados. Ou seja, a solução para

<sup>4</sup> São 6 os princípios do Open Building: [1º] a existência de níveis distintos de intervenção no meio ambiente construído, representados pelo *suporte* e pelo *recheio* tanto no projeto urbanístico quanto arquitetônico; [2º] usuários e habitantes devem fazer parte do processo de tomada de decisão; [3º] o projeto é um processo com múltiplos participantes, com diferentes tipos de profissionais, agentes ilimitados e aberto a novos; [4º] na citação acima em destaque; [5º] o ambiente construído está em constante transformação, e mudanças têm de ser reconhecidas, compreendidas e estudadas; [6º] o ambiente construído é o produto de um contínuo e interminável processo de projeto, no qual o ambiente se transforma parte por parte.

a escassez e a rigidez espacial na habitação passa pela adaptabilidade facilitada tanto em novas edificações, quanto em edifícios pré-existentes, o que, pelo viés da sustentabilidade quanto ao uso, contribui para cidades mais inteligentes.

No Brasil, não há um método largamente aceito como critério para avaliar edifícios flexíveis, nem tampouco envolvendo os sistemas construtivos empregados. Portanto, a pesquisa consiste em uma primeira tentativa.

## A ferramenta

### Níveis de decisão, camadas de um edifício e elementos

Ainda nos anos 1960s, ao desenvolver *A Teoria dos Suportes*, Habraken sugere a identificação dos componentes construtivos pelos seus diferentes tempos de vida útil (longos e curtos), pelas diferentes escalas de construção (tecido urbano, suporte/edifício e recheio), pela distinção entre os níveis de decisão (coletivo/ suporte e individual/recheio) e pela sua natureza fixa ou separável (desconectável).

Considerando [1] as ideias de Habraken – fundamentos que geraram o movimento Open Building –; [2] a lógica de um edifício dividido em camadas construtivas conforme Duffy (1992); [3] ampliadas por Brand (1994) e [4] reelaboradas por Geraedts *et al.* (2016b); e [5] em literatura brasileira sobre terminologias construtivas (LOPES, BOGÉA & REBELLO, 2006); a Figura 3 mostra um aprofundamento hierárquico do que foi proposto na primeira versão da ferramenta. É importante mencionar que não estão sendo exploradas neste artigo as camadas *terreno* e *mobiliário*, ao passo que estão sendo investigadas as camadas *cobertura* e *instalações*, além de *estrutura*, *fachada* e *fechamento interno* estudadas anteriormente. Cabe ressaltar que, pela cultura construtiva brasileira, foi mais adequado desdobrar a camada pele (*skin* em BRAND, 1994 e em GERAEDTS, 2016b) em *cobertura* e *fachada*, assim como adotar *fechamento interno* em vez de *planta espacial (spatial plan)* e *mobiliário* em vez de *coisas/objetos (stuff)*, devido também aos desdobramentos dessas camadas.

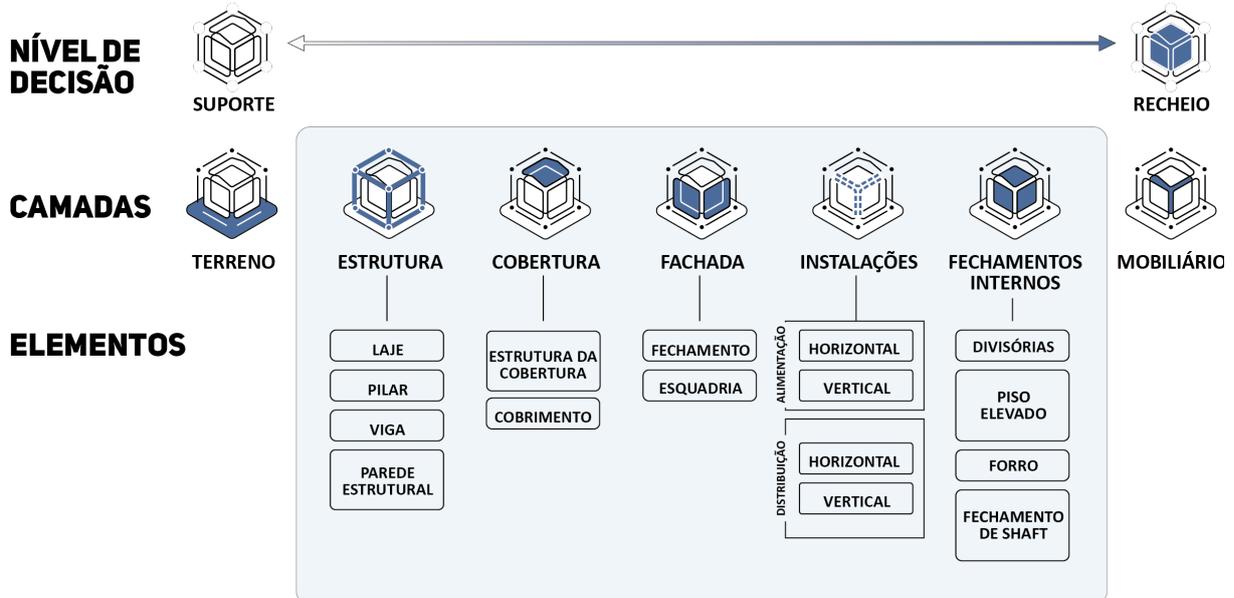


Figura 3 – Camadas e elementos de um edifício adotados nesta pesquisa. Fonte: Arquivo dos autores, 2019.

O Apêndice 1 apresenta as cinco camadas estudadas, desdobradas hierarquicamente em seus respectivos elementos e famílias de componentes, acrescidos de informações referentes a material e modo de produção.

### Parâmetros de avaliação

Para avaliar a capacidade adaptativa de cada componente construtivo específico (produto) foram definidos no início da pesquisa dez parâmetros de avaliação: [1] custo médio, [2] vida útil, [3] tempo de execução da construção, [4] módulo mínimo, [5] medida máxima, [6] tipo de conexão, [7] tipo de mão de obra, [8] tipo de ferramenta/equipamento, [9] potencial de reaproveitamento e [10] potencial de modificação. Tais parâmetros são descritos detalhadamente por Lamounier *et al.* (2018) e desde então foram necessários ajustes apenas na descrição do parâmetro *potencial de reaproveitamento*. Este parâmetro se refere apenas às possibilidades de *reuso* oferecida pelo componente quando desinstalado e reinstalado (reaproveitado) em outro local, mantendo ou não sua função original. Excluiu-se a possibilidade de reciclagem, por exemplo, conforme pensado inicialmente.

Ainda não haviam sido criadas para o primeiro artigo as faixas de notas para os elementos das camadas *cobertura* e *instalações*. Tais faixas seguiram o mesmo critério adotado na definição de classes de notas para as outras camadas, a saber, a partir do levantamento de um extenso número de produtos, somado a consultas com fabricantes, fornecedores, especialistas, literatura especializada no assunto, composições de custos envolvendo insumos e serviços em geral em fontes variadas etc. Para a camada *cobertura* criou-se notas para os elementos *estrutura da cobertura* e *cobrimento*. Para a camada *instalações*, faixas de notas foram criadas, mas esta camada foi discutida apenas em termos de *alimentação* e *distribuição*, tanto vertical quanto horizontal. Portanto, produtos para a camada *instalações* não foram mapeados.

Importa destacar que alguns elementos podem ser considerados de diferentes camadas, a critério da interpretação de cada usuário e da adequação do componente na construção. Por exemplo, fechamento de *shaft* pode ser interpretado como um elemento da camada *fechamento interno*, ou então da camada *instalações*, por se traduzir numa solução (para além de um produto) de dimensão arquitetônica. O mesmo pode ocorrer na identificação de camadas que contenham forros e pisos elevados.

A Tabela 1 mostra uma relação dos parâmetros de avaliação, contemplando as 5 camadas construtivas estudadas e todos os seus respectivos elementos, numa versão aprimorada do primeiro artigo. A cada parâmetro é atribuída uma faixa de notas que varia de 1 (pior) a 4 (melhor).

CAMADA	ELEMENTO	ESCALA	01. CUSTO MÉDIO (% DO CUSTO TOTAL DA OBRA)	02. VIDA ÚTIL (DURABILIDADE EM ANOS)	03. TEMPO DE EXECUÇÃO (% DO TEMPO DE EXECUÇÃO TOTAL DA OBRA)	MODULARIDADE E CONECTIVIDADE			COMPLEXIDADE DA CONSTRUÇÃO		09. POTENCIAL DE REAPROVEITAMENTO (% DE REUSO)	10. POTENCIAL DE MODIFICAÇÃO (PERTURBAÇÕES EM OUTRAS CAMADAS)
						04. MÓDULO MÍNIMO (cm)	05. MEDIDA MÁXIMA (m)	06. TIPO DE CONEXÃO (MELHOR DESEMPENHO)	07. MÃO-DE-OBRA (MENOR NÍVEL DE ESPECIALIZAÇÃO REQUERIDO)	08. FERRAMENTAS/ EQUIPAMENTOS (MENOR NÍVEL DE ESPECIALIZAÇÃO REQUERIDO)		
ESTRUTURA	LAJE	1 - Pior	> 18%	< 60	> 10%	Outro	< 3	Monolítica	Companhia especializada	Domínio exclusivo	Nenhum	Inviável
		2 - Ruim	> 14% até 18%	60 até 100	> 8.5% até 10%	Múltiplo de 5	3 até 6	Não planejada	Mão-de-obra especializada	Especializada e locável	< 30%	Em várias camadas
		3 - Bom	10% até 14%	> 100 até 200	7% até 8.5%	Múltiplo de 10	> 6 até 12	Por terceiro elemento	Alguma experiência	Especializada e comprável	30% até 70%	Na mesma camada
		4 - Melhor	< 10%	> 200	< 7%	Múlt. de 60 ou independente	> 12	Direta	Faça você mesmo	Doméstica	> 70%	Insignificante
	PILAR	1 - Pior	> 8%	< 60	> 5%	Outro	< 3	Monolítica	Companhia especializada	Domínio exclusivo	Nenhum	Inviável
		2 - Ruim	> 6% até 8%	60 até 100	> 4.25% até 5%	Múltiplo de 5	3 até 4.5	Não planejada	Mão-de-obra especializada	Especializada e locável	< 30%	Em várias camadas
		3 - Bom	4% até 6%	> 100 até 200	3.5% até 4.25%	Múltiplo de 10	> 4.5 até 6	Por terceiro elemento	Alguma experiência	Especializada e comprável	30% até 70%	Na mesma camada
		4 - Melhor	< 4%	> 200	< 3.5%	Múlt. de 60 ou independente	> 6	Direta	Faça você mesmo	Doméstica	> 70%	Insignificante
	VIGA	1 - Pior	> 13%	< 60	> 5%	Outro	< 3	Monolítica	Companhia especializada	Domínio exclusivo	Nenhum	Inviável
		2 - Ruim	> 10% até 13%	60 até 100	> 4.25% até 5%	Múltiplo de 5	3 até 6	Não planejada	Mão-de-obra especializada	Especializada e locável	< 30%	Em várias camadas
		3 - Bom	7% até 10%	> 100 até 200	3.5% até 4.25%	Múltiplo de 10	> 6 até 12	Por terceiro elemento	Alguma experiência	Especializada e comprável	30% até 70%	Na mesma camada
		4 - Melhor	< 7%	> 200	< 3.5%	Múlt. de 60 ou independente	> 12	Direta	Faça você mesmo	Doméstica	> 70%	Insignificante
PAINEL OU PAREDE ESTRUTURAL	1 - Pior	> 31%	< 60	> 10%	Outro	< 3	Monolítica	Companhia especializada	Domínio exclusivo	Nenhum	Inviável	
	2 - Ruim	> 24% até 31%	60 até 100	> 8.5% até 10%	Múltiplo de 5	3 até 4.5	Não planejada	Mão-de-obra especializada	Especializada e locável	< 30%	Em várias camadas	
	3 - Bom	17% até 24%	> 100 até 200	7% até 8.5%	Múltiplo de 10	> 4.5 até 6	Por terceiro elemento	Alguma experiência	Especializada e comprável	30% até 70%	Na mesma camada	
	4 - Melhor	< 17%	> 200	< 7%	Múlt. de 60 ou independente	> 6	Direta	Faça você mesmo	Doméstica	> 70%	Insignificante	
COBERTURA	ESTRUTURA DA COBERTURA	1 - Pior	> 7%	< 20	> 0.10	Outro	< 6	Monolítica	Companhia especializada	Domínio exclusivo	Nenhum	Inviável
		2 - Ruim	> 5% até 7%	20 até 25	> 0.07 até 0.10	Múltiplo de 5	6 até 9	Não planejada	Mão-de-obra especializada	Especializada e locável	< 30%	Em várias camadas
		3 - Bom	3% até 5%	> 25 até 30	0.04 até 0.07	Múltiplo de 10	> 9 até 12	Por terceiro elemento	Alguma experiência	Especializada e comprável	30% até 70%	Na mesma camada
		4 - Melhor	< 3%	> 30	< 0.04	Múlt. de 60 ou independente	> 12	Direta	Faça você mesmo	Doméstica	> 70%	Insignificante
	COBRIMENTO	1 - Pior	> 4.2%	< 10	> 0.025	Outro	< 3	Monolítica	Companhia especializada	Domínio exclusivo	Nenhum	Inviável
		2 - Ruim	> 3% até 4.2%	10 até 20	> 0.02 até 0.025	Múltiplo de 5	3 até 4.5	Não planejada	Mão-de-obra especializada	Especializada e locável	< 30%	Em várias camadas
		3 - Bom	1.8 até 3.0%	> 20 até 40	0.0125 até 0.02	Múltiplo de 10	> 4.5 até 6	Por terceiro elemento	Alguma experiência	Especializada e comprável	30% até 70%	Na mesma camada
		4 - Melhor	< 1.8%	> 40	< 0.0125	Múlt. de 60 ou independente	> 6	Direta	Faça você mesmo	Doméstica	> 70%	Insignificante
FACHADA	FECHAMENTO	1 - Pior	> 9%	< 30	> 9.75%	Outro	< 3	Monolítica	Companhia especializada	Domínio exclusivo	Nenhum	Inviável
		2 - Ruim	> 7% até 9%	30 até 60	> 7.3% até 9.75%	Múltiplo de 5	3 até 4.5	Não planejada	Mão-de-obra especializada	Especializada e locável	< 30%	Em várias camadas
		3 - Bom	5% até 7%	> 60 até 100	6.8% até 7.3%	Múltiplo de 10	4.5 até 6	Por terceiro elemento	Alguma experiência	Especializada e comprável	30% até 70%	Na mesma camada
		4 - Melhor	< 5%	> 100	< 6.8%	Múlt. de 60 ou independente	> 6	Direta	Faça você mesmo	Doméstica	> 70%	Insignificante
	ESQUADRIA	1 - Pior	> 9%	< 30	> 8.3%	Outro	< 3	Monolítica	Companhia especializada	Domínio exclusivo	Nenhum	Inviável
		2 - Ruim	> 7% até 9%	30 até 60	> 7.05% até 8.3%	Múltiplo de 5	3 até 4.5	Não planejada	Mão-de-obra especializada	Especializada e locável	< 30%	Em várias camadas
		3 - Bom	5% até 7%	> 60 até 100	5.8% até 7.05%	Múltiplo de 10	> 4.5 até 6	Por terceiro elemento	Alguma experiência	Especializada e comprável	30% até 70%	Na mesma camada
		4 - Melhor	< 5%	> 100	< 5.8%	Múlt. de 60 ou independente	> 6	Direta	Faça você mesmo	Doméstica	> 70%	Insignificante

CATEGORIA	SUBCATEGORIA	FAIXAS DE AVALIAÇÃO/ NOTAS POR PARÂMETRO E POR ELEMENTO										
		1 - Pior	> 11%	<20	>9%	Outro	< 3	Monolítica	Companhia especializada	Domínio exclusivo	Nenhum	Inviável
INSTALAÇÕES	ALIMENTAÇÃO	2 - Ruim	> 9% até 11%	20 até 25	> 7.5% até 9%	Múltiplo de 5	3 até 4.5	Não planejada	Mão-de-obra especializada	Especializada e locável	<30%	Em várias camadas
		3 - Bom	7% até 9%	> 25 até 30	6% até 7.5%	Múltiplo de 10	> 4.5 até 6	Por terceiro elemento	Alguma experiência	Especializada e comprável	30% até 70%	Na mesma camada
		4 - Melhor	< 7%	> 30	< 6%	Múlt. de 60 ou independente	> 6	Direta	Faça você mesmo	Doméstica	>70%	Insignificante
		1 - Pior	> 11%	<20	>9%	Outro	< 3	Monolítica	Companhia especializada	Domínio exclusivo	Nenhum	Inviável
	DISTRIBUIÇÃO	2 - Ruim	> 6% até 7%	20 até 25	> 5% até 6%	Múltiplo de 5	3 até 4.5	Não planejada	Mão-de-obra especializada	Especializada e locável	<30%	Em várias camadas
		3 - Bom	5% até 6%	> 25 até 30	4% até 5%	Múltiplo de 10	> 4.5 até 6	Por terceiro elemento	Alguma experiência	Especializada e comprável	30% até 70%	Na mesma camada
		4 - Melhor	< 5%	> 30	< 4%	Múlt. de 60 ou independente	> 6	Direta	Faça você mesmo	Doméstica	>70%	Insignificante
		1 - Pior	> 7%	<20	>6%	Outro	< 3	Monolítica	Companhia especializada	Domínio exclusivo	Nenhum	Inviável
FECHAMENTOS INTERNOS	DIVISÓRIAS	2 - Ruim	> 4% até 5.5%	25 até 50	> 5.8% até 6.85%	Múltiplo de 5	3 até 4.5	Não planejada	Mão-de-obra especializada	Especializada e locável	< 30%	Em várias camadas
		3 - Bom	2.5% até 4%	> 50 até 75	4.8% até 5.8%	Múltiplo de 10	> 4.5 até 6	Por terceiro elemento	Alguma experiência	Especializada e comprável	30% até 70%	Na mesma camada
		4 - Melhor	< 2.5%	> 75	< 4.8%	Múlt. de 60 ou independente	> 6	Direta	Faça você mesmo	Doméstica	> 70%	Insignificante
		1 - Pior	> 5.5%	< 25	> 6.85%	Outro	< 3	Monolítica	Companhia especializada	Domínio exclusivo	Nenhum	Inviável
	PISO ELEVADO	2 - Ruim	> 4% até 5%	10 até 20	> 2 até 2.5	Múltiplo de 5	0.15 até 0.4	Não planejada	Mão-de-obra especializada	Especializada e locável	< 30%	Em várias camadas
		3 - Bom	3% até 4%	> 20 até 30	1.5 até 2.0	Múltiplo de 10	> 0.4 até 1	Por terceiro elemento	Alguma experiência	Especializada e comprável	30% até 70%	Na mesma camada
		4 - Melhor	< 3%	> 30	< 1.5	Múlt. de 60 ou independente	> 1	Direta	Faça você mesmo	Doméstica	> 70%	Insignificante
		1 - Pior	> 5%	< 10	> 2.5	Outro	< 0.15	Monolítica	Companhia especializada	Domínio exclusivo	Nenhum	Inviável
	FORRO	2 - Ruim	> 4.6% até 7.4%	10 até 20	> 4 até 5	Múltiplo de 5	0.6 até 3	Não planejada	Mão-de-obra especializada	Especializada e locável	< 30%	Em várias camadas
		3 - Bom	1.85% até 4.6%	> 20 até 30	3 até 4	Múltiplo de 10	> 3 até 6	Por terceiro elemento	Alguma experiência	Especializada e comprável	30% até 70%	Na mesma camada
		4 - Melhor	< 1.85%	> 30	< 3	Múlt. de 60 ou independente	> 6	Direta	Faça você mesmo	Doméstica	> 70%	Insignificante
		1 - Pior	> 7.4%	< 10	> 5	Outro	< 0,6	Monolítica	Companhia especializada	Domínio exclusivo	Nenhum	Inviável
	FECHAMENTO DE SHAFT	2 - Ruim	> 1.2% até 1.4%	10 até 20	> 2 até 2.5	Múltiplo de 5	0.6 até 1.8	Não planejada	Mão-de-obra especializada	Especializada e locável	< 30%	Em várias camadas
		3 - Bom	1% até 1.2%	> 20 até 30	1,5 até 2.0	Múltiplo de 10	> 1.8 até 3	Por terceiro elemento	Alguma experiência	Especializada e comprável	30% até 70%	Na mesma camada
		4 - Melhor	< 1%	> 30	< 1.5	Múlt. de 60 ou independente	> 3	Direta	Faça você mesmo	Doméstica	> 70%	Insignificante
		1 - Pior	> 1.4%	< 10	> 2.5	Outro	< 0.6	Monolítica	Companhia especializada	Domínio exclusivo	Nenhum	Inviável

Tabela 1 – Faixas de avaliação/ notas por parâmetro e por elemento. Fonte: Arquivo dos autores, 2019.

Embora a pesquisa esteja focada nos aspectos físicos dos componentes construtivos para medir seu grau de flexibilidade, os parâmetros de avaliação investigam os componentes também sob aspectos econômicos e socioambientais, para além de técnicos e funcionais. Os parâmetros *tipo de conexão*, *custo médio* e *potencial de reaproveitamento* exemplificam essa intenção.

### Processo de ajuste do parâmetro custo médio

Lamounier *et al.* (2018) explicam que foi necessário realizar determinadas conversões de custo dos diversos componentes construtivos em função das diferentes unidades (por metro quadrado, por peso, por peça etc.) com as quais são comercializados no mercado. Utilizou-se um modelo volumétrico construtivo simplificado (Modelos A e B na Figura 4) para proceder à operação de conversão dos custos. Tal modelo contempla as 5 camadas construtivas de um edifício estudadas até o momento (Figura 3) e representadas pelos seus respectivos elementos. O Modelo A adota soluções com grau menor de flexibilidade e o modelo B com grau maior expressado especialmente pela estrutura independente. A primeira conversão foi a da unidade do custo médio original do componente (por

peso, por peça, por volume etc.) para o seu custo médio por metro quadrado de execução (custo referente somente à execução deste componente)<sup>5</sup>. Já a segunda conversão foi a de custo médio por metro quadrado para percentual do custo total da obra, quando então foram utilizados indicadores monetários do setor da construção civil no Brasil<sup>6</sup>. Dessa maneira, chegou-se ao percentual de custo de cada elemento em relação ao custo total da obra. Como alguns elementos ainda não foram contemplados pela pesquisa, como por exemplo *fundação* e *acabamentos/mobiliário*, a soma dos percentuais de custo nas várias camadas estudadas, ainda não totalizam 100%.

---

<sup>5</sup> Dividiu-se o custo do produto para essa situação específica (conforme unidade comercializada no mercado) pela área do modelo.

<sup>6</sup> Considerou-se a média de custos fornecidos pelo Sindicato da Construção Civil do Estado de Minas Gerais (SINDUSCON/MG). Tendo em vista que o órgão fornece custos para diferentes tipologias (individual, com 4, 8 e 16 pavimentos, além de projetos de interesse social) e para diferentes padrões de acabamento (baixo, médio e alto). Adotou-se a tipologia de 8 pavimentos para o modelo volumétrico, uma vez que é a única tipologia para a qual o SINDUSCON/MG fornece custos de construções para todos os padrões de acabamentos.

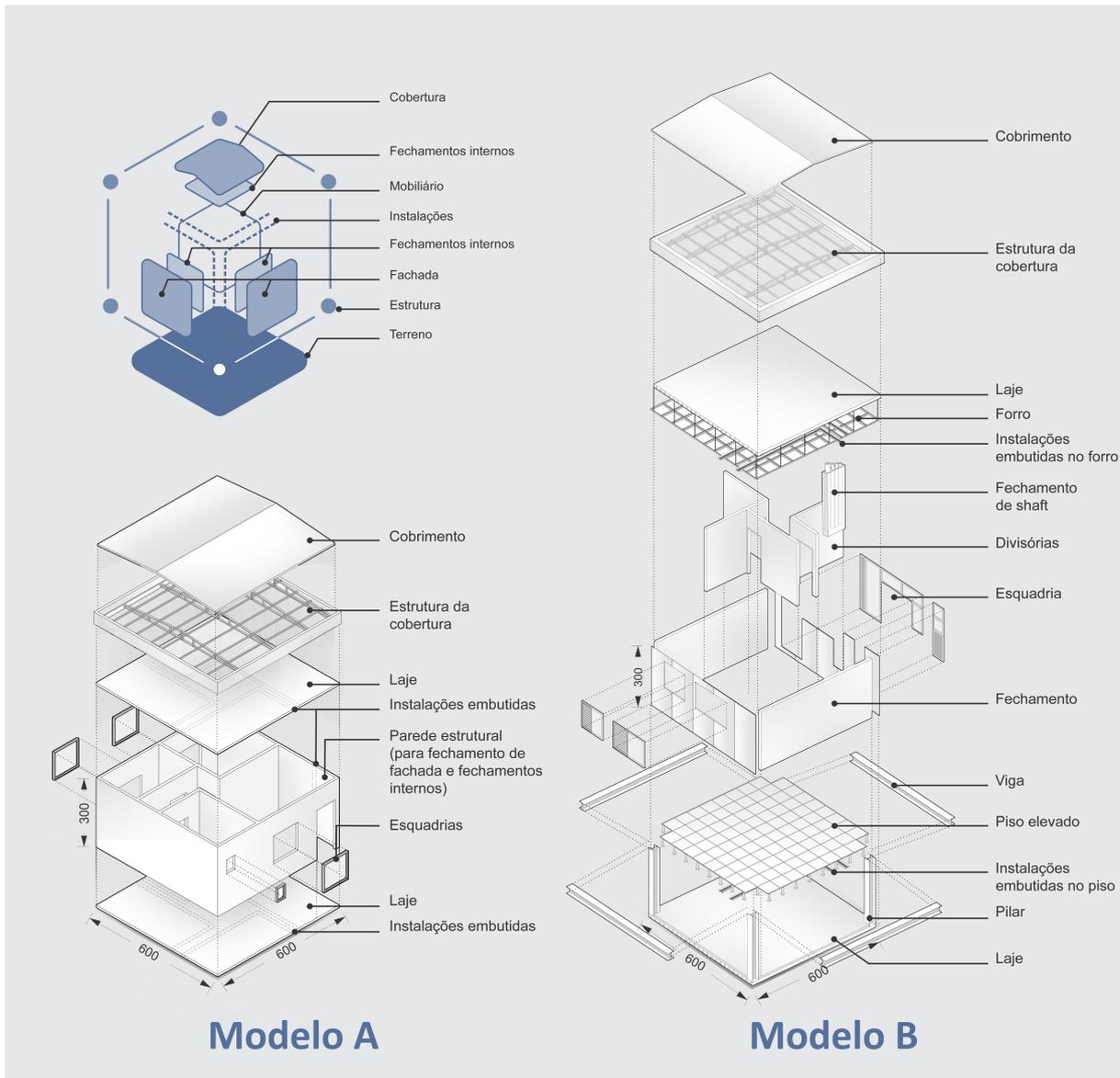


Figura 4 – Diagramas dos modelos construtivos complementados com as outras camadas e elementos não contemplados na primeira versão deste artigo. Fonte: Arquivo dos autores, 2019.

### Valores de avaliação, peso e classes de notas

Não houve alterações nem na escala de notas e pesos por parâmetro definida no início da pesquisa (1 a 4), nem na nota final do produto, calculado pela soma da multiplicação do valor de avaliação (A) pelo peso/ valor de ponderação (P) atribuído pelo usuário da ferramenta a cada parâmetro (Tabela 2). O peso será um valor atribuído pelo usuário da ferramenta, em função da importância dada a cada parâmetro e em cada situação.

PARÂMETROS	AVALIAÇÃO (A)				PESO (P)				NOTA (N)
	01	02	03	04	01	02	03	04	
01. CUSTO MÉDIO									
02. VIDA ÚTIL									
03. TEMPO DE EXECUÇÃO									
04. MÓDULO MÍNIMO									
05. VÃO MÁXIMO									
06. TIPO DE CONEXÃO									
07. MÃO DE OBRA									
08. FERRAMENTAS/EQUIP.									
09. P. REAPROVEITAMENTO									
10. P. MODIFICAÇÃO									
<b>NOTA FINAL (F)</b>									

Tabela 2 – Parâmetros de avaliação, escalas de avaliação e de peso, e notas por componente construtivo específico (produto). Fonte: Arquivo dos autores, 2019.

Como as notas finais de um produto podem variar de 10 (10x1x1) a 160 (10x4x4) criou-se a escala de classes de flexibilidade para a nota final do mesmo conforme mostrado na

CLASSES DE FLEXIBILIDADE PARA UM COMPONENTE ESPECÍFICO/ PRODUTO	FAIXAS DE NOTA
Classe 1: Não flexível	10 a 39
Classe 2: Não muito flexível	40 a 69
Classe 3: Flexibilidade limitada	70 a 99
Classe 4: Muito flexível	100 a 129
Classe 5: Altamente flexível	130 a 160

Tabela 3.

CLASSES DE FLEXIBILIDADE PARA UM COMPONENTE ESPECÍFICO/ PRODUTO	FAIXAS DE NOTA
Classe 1: Não flexível	10 a 39
Classe 2: Não muito flexível	40 a 69
Classe 3: Flexibilidade limitada	70 a 99
Classe 4: Muito flexível	100 a 129
Classe 5: Altamente flexível	130 a 160

Tabela 3 – Classes de flexibilidade por componentes específicos (produtos). Fonte: Arquivo dos autores, 2019.

### 3. Banco de Dados

Um amplo banco de dados tem sido estruturado e alimentado nesta etapa de pesquisa. Até o momento, já são 461 produtos pesquisados, catalogados e com dados registrados conforme os dois modelos de planilhas a seguir (Figura 5 e Figura 6). A primeira planilha se refere a informações gerais do produto: código, nome do produto, família de componentes no qual se inserem, material, modo de produção, fabricante, tipo de sistema, tipologia a que se aplica, localização no edifício, fontes consultadas, data de registro, pesquisador responsável, entre outras. Já a segunda planilha apresenta as informações do produto referentes a cada parâmetro de avaliação. As duas planilhas estão vinculadas entre si e identificadas no cabeçalho mediante o nome do projeto de pesquisa, a camada e o elemento aos quais os produtos se referem.

CÓDIGO	PRODUTO	MATERIAL	COMPONENTE	LOCALIZAÇÃO	SISTEMA	FORMA DE EXECUÇÃO	OUTROS	REFERÊNCIA	DATA	RESPONSÁVEL
FIN-PE-4-12-B-P01	Piso Alto Interno Remaster Com Pedestal Fixos Remaster with Fixed Pedestal	Termoplástico Reciclado	Pedestal e Placa	Interno	Aberto	Pré-fabricado	Peso = 12 kg/m <sup>2</sup> (3x mais leve que de aço)   Dispensa eletrocalhas, condutites e outros. Usa um sistema próprio, flexível, de separação de cabos	<a href="http://arcoweb.com.br/projetodesign/tecnologia/tecnologia-diversidade-pisos-usos">http://arcoweb.com.br/projetodesign/tecnologia/tecnologia-diversidade-pisos-usos</a> <a href="https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/pisos-elevados-sao-ideais-para-ambientes-corporativos_6368_0_1">https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/pisos-elevados-sao-ideais-para-ambientes-corporativos_6368_0_1</a>	30/10/18	Gabriel de Lima Barbosa

Figura 5 – Modelo de planilha com informações gerais por produto. Fonte: Arquivo dos autores, 2019.

CÓDIGO	PRODUTO	AVERAGE COST	VIDA ÚTIL (ANOS)	TEMPO DE EXECUÇÃO	MÓDULO MÍNIMO MODULE	MEDIDA MÁXIMA	TIPO DE CONEXÃO	MÃO DE OBRA	FERRAMENTA/EQUIPAMENTO	POTENCIAL DE REAPROVEITAMENTO	POTENCIAL DE MODIFICAÇÃO
FIN-PE-4-12-B-P01	Piso Alto Interno Remaster Com Pedestal Fixos	R\$150,00/m <sup>2</sup>	20 anos	400m <sup>2</sup> /dia	50x50 60x60	15cm altura cm = centímetro	Encaixe	Pouco especializada	Ferramentas: Serra circular, Serra polícorde de bancada, Martelo de borracha, Nivel de bolha, Nivel a laser, Régua de alumínio, Aplicador de cola. Equipamentos: Capacetes, Óculos de proteção, Protetor auricular, Luvas	Reciclável	Muito alto

Figura 6 – Modelo de planilha com dados relativos aos parâmetros de avaliação. Fonte: Arquivo dos autores, 2019.

O conjunto desses dois tipos de planilhas alimenta o banco de dados duplamente: [1] um primeiro conjunto de planilhas contém as informações conforme coletadas na literatura, junto aos fabricantes, fornecedores, construtores e demais informantes, e [2] um segundo conjunto contém as notas atribuídas a cada produto, com valores advindos da comparação dos dados originais coletados com a escala de notas criada previamente pela pesquisa.

O padrão de código para cada produto foi criado de forma a facilitar a identificação imediata do mesmo, conforme mostra o exemplo da Figura 7. O Apêndice 1 mostra as siglas de todas as camadas, elementos, exemplos de componente, modo de produção e material.

	CAMADA	ELEMENTO	COMPONENTE	MATERIAL	IN LOCO / PRÉ-FABR	PRODUTO	EXEMPLOS
	EST	PD	001	01	A	P01	
	ESTRUTURA	PAREDE ESTRUTURAL	COMPONENTE	concreto 01	IN LOCO (A)	PRÉ-FABRICADO (B)	EST-PD-001-01A-P01
				aço 02			EST-PD-001-01B-P01
				cerâmica 03			EST-PD-001-01B-P02
				madeira 04			EST-PD-001-01B-P03
							EST-PD-001-02B-P01
							EST-PD-001-02B-P02
							EST-PD-001-03A-P01
							EST-PD-001-04B-P01

Figura 7 – Exemplo de código para um produto parede estrutural. Fonte: Arquivo dos autores, 2019.

As figuras apresentadas no Apêndice 1 informam sobre a extensão da amostragem de componentes e produtos mapeados até então. Para a escolha da maioria desses componentes (por exemplo as que se aplicam à camada estrutura), foi necessário delimitar determinados cenários de edifícios residenciais produzidos na Região Metropolitana de Belo Horizonte: [1] conjunto residencial horizontalizado com casas do tipo duplex/ geminadas; [2] edifício econômico de até 5 pavimentos que, no Brasil, pode dispensar o uso de elevador e [3] edifício verticalizado de até 16 pavimentos. Ou seja, a seleção dos produtos que alimentam o banco de dados se restringiu à aplicação para essas três tipologias. Já a definição das faixas de notas para o parâmetro *custo médio* se ateu aos custos para uma edificação

verticalizada de 8 pavimentos, conforme valores fornecidos pelo SINDUSCON-MG e explicado anteriormente.

Cabe lembrar que têm sido mapeados produtos recorrentemente empregados na construção brasileira de edifícios residenciais, mas também produtos comumente aplicados somente em outros usos, mas que poderiam servir ao uso habitacional, especialmente visando espaços mais adaptáveis.

A ferramenta permitirá, portanto que, investidores, construtores, autoconstrutores, arquitetos, pesquisadores, professores e estudantes avaliem e comparem diferentes componentes construtivos disponíveis no Brasil quanto a sua adequação à abordagem Open Building, especialmente para edifícios residenciais.

### Aplicação da ferramenta

Para exercitar e exemplificar a aplicação da ferramenta, foram listadas pelo menos duas especificações de produtos para cada elemento das cinco camadas estudadas, com atribuição de notas, conforme mostrado na Tabela 4, exceto para a camada instalações. Conforme já mencionado, esta camada precisa ser estudada mais cuidadosamente, talvez com outra metodologia.

Cabe ressaltar que, para produtos em concreto, embora seja historicamente possível observar na prática uma maior vida útil deste material, o limite adotado para o caso foi de aproximadamente 50 anos, de acordo com a literatura brasileira em geral.

	PRODUTO	PRODUTOR	IMAGEM	CUSTO MÉDIO	VIDA ÚTIL	TEMPO DE EXECUÇÃO	MÓDULO MÍNIMO	MEDIDA MÁXIMA	TIPO DE CONEXÃO	MÃO DE OBRA	FERRAMENTAS / EQUIPAMENTOS	POT. DE REAPROVEITAMENTO	POT. DE MODIFICAÇÃO	TOTAL
LAJE	Concreto Pré-moldado 15 cm	Incobraz		4	1	4	3	3	2	3	3	1	2	26
	Concreto Alveolar 15cm	Precon		3	1	4	2	4	3	2	2	2	3	26
	Concreto maciço 15cm	Feito pela Construtora		4	1	4	4	3	1	3	3	1	2	26
	Steel deck MF50 17cm	Metform		3	1	4	1	2	3	2	2	1	2	21
	Placa de madeira e cimento	Brasilit		4	1	1	2	1	4	2	3	4	3	25
PILAR	Concreto pré-moldado 30x40cm	Precon		1	1	4	4	4	3	2	2	2	3	26
	Concreto maciço 30x60cm	Feito pela Construtora		4	1	1	4	4	1	3	3	1	2	24
	Aço tubular ret. 26x26cm	Century Tubos		4	2	2	4	4	3	2	2	4	3	30
	Madeira maciça 15x15cm	Madeira Santos		4	1	4	3	1	4	2	3	4	3	29
VIGA	Concreto Pré-fabricado 40x60cm	Precon		1	1	4	4	3	3	2	2	2	3	25
	Concreto Maciço	Feito pela Construtora		3	1	1	4	4	1	3	3	1	2	23
	Aço Perfil "I" seção 46x19cm	Gerdau		1	2	2	4	4	3	2	2	4	3	27
	Viga 15x8cm	Madeira Santos		4	1	4	3	1	4	2	3	4	3	29
PAREDE ESTRUTURAL	Concreto Maciço	Feito pela Construtora		2	1	2	4	4	1	2	3	1	1	21
	Alvenaria em bloco de concreto	Braúnas		4	1	1	3	3	2	3	4	3	1	25
	Steel Frame	ConstruAgil		1	4	4	3	2	3	2	3	4	2	28
	Painel Duplo OSB	Espaço Smart		4	1	1	4	3	3	2	3	4	2	27
ESTRUTURA DA COBERTURA	Tesoura em Madeira	Feito pela Construtora		4	4	1	4	2	4	2	3	4	4	32
	Tesoura em Aço	Feito pela Construtora		4	4	1	4	2	3	2	2	4	4	30
COBRIMENTO	Telha em Fibrocimento	Brasilit		4	3	1	3	3	3	3	3	4	4	30
	Telha em Aço Galvanizado	Calha Forte		3	4	1	3	4	3	3	3	3	4	31

	PRODUTO	PRODUTOR	IMAGEM	CUSTO MÉDIO	VIDA ÚTIL	TEMPO DE EXECUÇÃO	MÓDULO MÍNIMO	MEDIDA MÁXIMA	TIPO DE CONEXÃO	MÃO DE OBRA	FERRAMENTAS / EQUIPAMENTOS	POT. DE REAPROVEITAMENTO	POT. DE MODIFICAÇÃO	TOTAL
FACHAMENTO	Alvenaria em bloco de concreto	Blojaf		3	2	4	3	2	2	3	4	2	2	27
	Aquapanel W384	Knauf		2	3	4	4	2	3	1	1	4	4	28
	Painel Arquitetônico em Concreto	Stamp		1	2	4	4	4	3	2	2	2	3	27
ESQUADRIA	Esquadria em PVC Linha Shine	Selbach		1	2	4	4	1	3	2	3	3	3	26
	Esquadria em Aço Linha Prática	Sasazaki		4	3	4	4	1	3	2	4	4	1	30
	Esquadria em Alumínio Linha Gold	Alcoa		4	3	4	4	3	3	2	3	4	4	34
	Esq. em Alumínio Linha Veneza	3A Alumínio		1	3	4	3	1	3	3	3	3	2	26
DIVISÓRIA	Alvenaria Cerâmica	Braúnas		1	2	1	3	3	2	3	4	3	1	23
	Parede Drywall W111	Knauf		3	2	3	3	3	3	2	3	4	3	29
	Painel Duplo OSB	Madeira Santos		4	1	3	4	3	3	2	3	3	3	29
	Painel Duplo Compensado	Madeira Santos		4	1	3	4	3	3	2	3	3	3	29
PISO ELEVADO	Piso Elevado Termoplástico	Remaster		1	2	4	4	1	4	4	4	4	4	32
	Piso Elevado em Concreto	Stamp		1	3	4	4	4	4	2	2	4	3	31
	Piso Elevado em Massa Mineral	Werden		1	4	1	3	1	1	2	2	2	1	18
FORRO INTERIOS	Tábua de Madeira Angelim	Madeira Santos		3	4	1	1	2	3	2	3	3	2	24
	Forro de Gesso	Trademix		2	4	4	1	4	3	3	2	3	1	27
	Forro de PVC	Araforros		4	4	4	2	3	3	3	2	3	3	31
	Forro de Madeira Tile Natura	Hunter Douglas		1	4	4	4	4	3	3	3	4	4	34
FECHAMENTO DE SHAFT	Alvenaria Bloco Cerâmico	Braúnas		4	3	2	3	4	2	3	4	2	2	29
	Painel em Poliestireno	Merc Kits		4	2	4	2	3	3	3	3	4	4	32
	Painel em Fibras de Vidro	Artglass BH		4	1	4	2	3	3	4	4	4	4	33

Tabela 4 – Avaliações atribuídas para dois produtos de cada elemento estudado. Fonte: Arquivo dos autores, 2019.

Considerando os valores na coluna *Subtotal* da Tabela 4, peso 1 para todos os produtos e verificando as classes de notas mostradas na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, assim como os produtos exemplificados no primeiro artigo (LAMOUNIER *et al.*, 2018), pode ser observado que (apenas como um exemplo<sup>7</sup>):

CLASSES DE FLEXIBILIDADE PARA UM COMPONENTE ESPECÍFICO/ PRODUTO ADOTANDO PESO = 1	FAIXAS DE NOTA
Classe 1: Não flexível	10 a 16
Classe 2: Não muito flexível	17 A 22
Classe 3: Flexibilidade limitada	23 a 28
Classe 4: Muito flexível	29 a 34
Classe 5: Altamente flexível	35 a 40

Tabela 5 – Faixas de notas adotando peso=1 (P=1) para os produtos. Fonte: Arquivo dos autores, 2019.

- Não existem grandes diferenças entre os vários tipos de lajes em termos de flexibilidade. Apenas a laje *steel deck* é menos flexível do que as outras. Lajes em aço, madeira, concreto in loco e pré-moldado têm flexibilidade limitada, sendo a laje *steel deck* não muito flexível.
- Pilares em aço ou em madeira são muito flexíveis e pilares em concreto, tanto pré-moldado quando concretado in loco, têm flexibilidade limitada. Quantas às vigas, as de madeira são mais flexíveis (Classe 4) e as outras Classe 3.
- Em relação às paredes estruturais, a estrutura de aço (*steel frame*) oferece maior flexibilidade, mas ainda assim apresenta-se como de Classe 3 (flexibilidade limitada). Paredes de concreto construídas no local não são muito flexíveis (Classe 2).
- Na camada telhado, a estrutura em madeira é um pouco mais flexível do que em aço, mas ambas são de Classe 4 (muito flexível). Além disso, cobertura em aço galvanizado ou em fibrocimento também é muito flexível.
- Na camada fachada, o sistema Aquapanel é mais flexível do que as paredes estruturais externas ou em alvenaria. Em termos de esquadrias, a Linha Ouro da Alcoa é mais flexível que as demais.
- Divisórias internas com materiais pré-fabricados ou em sistemas de painéis/ quadros são mais flexíveis (Classe 4) do que em alvenaria (flexibilidade limitada).
- Da mesma forma, o piso elevado mais industrializado, como Remaster e Stamp, são mais flexíveis (muito flexíveis) do que o piso elevado monolítico, que tem flexibilidade limitada.
- Forros modulados, como os do fabricante Hunter Douglas, são mais flexíveis do que forros de gesso ou PVC, os quais ganham em flexibilidade do forro de madeira.

<sup>7</sup> Conforme já explicado anteriormente, o peso é um atributo definido pelo usuário da ferramenta, portanto, qualquer produto pode sofrer variação na nota referente ao seu desempenho de flexibilidade. O que se apresenta aqui é apenas um exemplo de como usar a ferramenta – a questão do peso pode tornar um produto menos flexível devido, por exemplo, ao seu alto custo ou ao seu longo tempo de execução, parâmetros menos determinantes num grau “técnico” de flexibilidade, mas que podem ser muito importantes em determinados cenários.

- Como a camada instalações não foi investigada com essa metodologia, seus produtos não foram avaliados.

Para todos os produtos analisados, as notas foram atribuídas considerando o seu melhor desempenho. Percebeu-se ao longo da pesquisa, que a nota final e a classe dependerá do contexto/ cenário em que o produto está sendo utilizado. Essa pesquisa tem sido importante para estimular pesquisas complementares, mais profundas e amplas, contemplando cenários reais e considerando estratégias de projeto. No atual estágio da pesquisa tem sido discutida a possibilidade de avanços na construção da ferramenta que envolvam sua aplicação nesses cenários, de forma mais sistêmica e não apenas em produtos isolados.

Embora a ferramenta tenha sido inicialmente construída como um método de avaliação de produto isolado, parâmetros como o *potencial de reutilização* ou o *potencial de modificação* podem receber variação na pontuação, dependendo do cenário em que o mesmo está sendo usado, assim como sua combinação com outro produto na mesma ou em camada vizinha. Por exemplo, a laje alveolar é mais flexível em relação ao *tipo de conexão*, ao *potencial de reutilização* ou ao *potencial de modificação*, quando associada à estrutura metálica do que quando associada ao concreto pré-moldado. O processo de construção da ferramenta mostrou que esses parâmetros receberam 'faixas' de notas, portanto com 'margens de erro', considerando questões também qualitativas além de quantitativas, dada a subjetividade das informações encontradas e a relatividade na interpretação requerida na elaboração do método. As pontuações foram construídas usando 'faixas' exatamente para cobrir essas diferenças e o produto geralmente pode ser classificado em seu melhor desempenho de flexibilidade. Essas sutilezas, no entanto, precisam ser melhor investigadas em etapas futuras da pesquisa.

De qualquer forma, a inserção dos produtos em cenários não é uma condição para o uso da ferramenta, que inicialmente se destinou a avaliar isoladamente componentes construtivos. Essas inserções, por meios do Modelos A e B, foram realizadas devido à necessidade de universalizar custos médios dos produtos com a mesma unidade de medida.

Outra questão atualmente em discussão e objeto de pesquisas futuras é a extensão do emprego da ferramenta na avaliação de componentes construtivos em cenários cujo uso se difere do residencial.

### Conclusão e próximos passos

A pesquisa que gerou este artigo se encontra atualmente numa nova fase, cujas atividades em desenvolvimento se referem aos seguintes tópicos.

- Realizar uma consulta com uma série de especialistas calculistas, orçamentistas e construtores no sentido de buscar consolidar e validar (se necessário com ajustes) a ferramenta aqui proposta, especialmente com relação aos parâmetros custo médio, vida útil e tempo de execução na tabela que se refere às faixas de notas (Tabela 1). Para isso foi construído um modelo tridimensional mais completo do que os modelos A e B (Figura 4) do porte de um edifício de 8 pavimentos para orientar os especialistas. Ainda não existentes resultados dessa fase.
- Pesquisar projetos e obras residenciais brasileiros em que se observa algum grau de flexibilidade a fim de, mediante uma análise e avaliação de seus componentes construtivos específicos conforme o método aqui proposto, cruzar suas notas com outros indicadores da capacidade adaptativa dos edifícios e referentes a estratégias projetuais. Para isso, têm sido levantadas informações sobre cada uma das obras como peças gráficas, desenhos, planilhas orçamentárias, ficha técnica completa e componentes construtivos utilizados, a partir de pesquisa bibliográfica, visitas ao local e entrevistas

com os respectivos escritórios de arquitetura, engenharia de instalações e de construção envolvidos no processo. A cada um dos edifícios será atribuída uma nota conforme a metodologia aqui proposta, cujos resultados (levando-se em conta os princípios e parâmetros da ferramenta) serão cruzados com indicadores de estratégias projetuais para o uso residencial, construídos à luz do contexto brasileiro e inspirados no Método FLEX8. Isso permitirá avaliar a capacidade adaptativa de edifícios residenciais sob dois pontos de vista (técnico-construtivo e projetual), assim como corroborar as hipóteses aqui discutidas a partir da elaboração da ferramenta proposta. Novas estratégias projetuais poderão ser elaboradas em comparação com métodos semelhantes, como aqueles que lidam com estratégias de projeto para a flexibilidade.

Este artigo foi um passo importante no desenvolvimento de uma ferramenta para avaliar a capacidade adaptativa de componentes construtivos utilizados na produção habitacional brasileira. Este documento abre oportunidades para:

- Expandir o número de produtos pesquisados, atribuindo pontuações a novos componentes e completando a análise de camadas não contempladas.
- Discutir e avaliar mais amplamente a metodologia com potenciais usuários através de um projeto de extensão universitária, buscando validar a ferramenta, tanto com especialistas e empresas atuantes na área – que representam o lado da oferta de flexibilidade – quanto com potenciais usuários do espaço – que representam o lado da demanda por flexibilidade.
- Estudar cenários mais completos e complexos, procurando representar melhor a realidade, além de melhor ilustrar e discutir a aplicabilidade da ferramenta.
- Desenvolver uma interface gráfica digital para consulta ao banco de dados, aplicação da ferramenta e visualização de resultados.

## Agradecimentos

Os autores agradecem pelo apoio institucional e financeiro oferecido por CEUNIH, NPGAU-EA/UFMG e CAPES.

## Referências

ANITELLI, F. [Re]produção? Repercussões de características do desenho do edifício de apartamentos paulistano em projetos empreendidos no Brasil. Tese de Doutorado – USP. São Carlos, 2015.

BRAND, S. *How buildings learn: what happens after they're built*. New York: Penguin Books, 1994.

BRYMAN, A. *Social Research Methods*. Oxford: Oxford University Press, 2016.

DUFFY, F. *The Changing Workplace*. London, Phaidon Press, 1992.

GERAEDTS, R. & PRINS, M. **FLEX 3.0: an instrument to formulate the demand for and assessing the supply of the adaptive capacity of buildings**. In: CIB World Building Congress, 2016, Helsinki, Volume V: Advancing Products and Services, Helsinki: Tampere University of Technology, 2016a, 679-690.

GERAEDTS, R. & PRINS, M. **The CE meter: an instrument to assess the circular economy capacity of buildings. [FLEX 2.0]**. In: CIB Joint International Symposium, Going north for sustainability, London: 2015.

---

<sup>8</sup> O Método Flex elaborou indicadores da capacidade adaptativa de um edifício genéricos (aplicados a qualquer uso) e específicos aplicados somente aos usos escolar e corporativo, e para o contexto holandês.

GERAEDTS, R. **FLEX 4.0: a practical instrument to assess the adaptive capacity of buildings.** In. SBE16 Tallin and Helsinki Conference, Build Green and Renovate Deep, 2016, Energy procedia, Amsterdam: Elsevier Ltda, 2016b, 568-579.

GERAEDTS, R.; REMOY, H.; HERMANS, M.; RIJN, E.. **Adaptive capacity of buildings: a determination method to promote flexible and sustainable construction. [FLEX 1.0].** In: UIA2014 World Congress, Architecture Otherwhere, 2014, Durban. Proceedings, Durban: UIA Durban, 2014, 1054-1068.

HABRAKEN, N. J. **Supports: an alternative to mass housing.** U.K., Urban International Press, 2011.

HERMANS, M., GERAEDTS, R., VAN RIJN, E., REMOY, H. Bepalingsmethode adaptief vermogen van gebouwen ter bevordering van flexibel bouwen (conceptrapport). Brink Groep en Kenniscentrum voor Bouwprocesinnovatie (CPI), TU Delft, Delft, 2013. Disponível em: <<https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid%3A2d557a5d-0b72-4488-99c5-0ca82f995d99>>. Acesso em 08/07/2019.

KENDALL, S. **Open Building Concepts.** 2004. Disponível em <http://open-building.org/ob/concepts.html> Acesso em 11/08/2018.

LAMOUNIER, R.F.; SARAIVA, A.M.F; FREITAS, R.R; MORADO NASCIMENTO, D. **Adequacy level of Brazilian constructive systems to the Open Building: a research methodology.** In: Open Building for Resilient Cities Conference 2018, The A+D Museum, Los Angeles, USA, 2018, Editor Dr. Stephen Kendall, Council Open Building, p.123-134.

LAMOUNIER, R.F. **Da autoconstrução à arquitetura aberta: o Open Building no Brasil.** Tese de Doutorado - EA/UFMG, Belo Horizonte, 2017.

LAMOUNIER, R.F.; MORAES, C.A.; FREITAS, R.R; VALE, Clécio M; MASCARENHAS, G.O.. **Adequacy level to the Open Building approach of constructive systems applied in Brazil: an evaluation tool (2nd version).** IN: CIB World Congress, Constructing Smart Cities, Hong Kong, 2019, Proceedings, Hong Kong Polytechnic University. (no prelo)

LOPES, J.M.; BOGÉA, M.; REBELLO, C.P. **Arquiteturas da Engenharia ou engenharias da Arquitetura.** São Paulo, Mandarim, 2006.

MORADO NASCIMENTO, D. & TOSTES, S.P. **Programa Minha Casa, Minha Vida: a (mesma) política habitacional no Brasil.** In Vitruvius Arquitectos, 133.03, 2011. Disponível em <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitectos/12.133/3936>>. Acesso em 08/03/2014.

OSMAN, A.; HERTHOGS, P.; SEBAKE, N; GOTTMANN, D.; DAVEY, C. An Adaptability Assessment Tool (AAT) for Sustainable Building Transformation: Towards an Alternative Approach to Residential Architecture in South Africa. IN: Architecture in the Fourth Dimension, 2011, Boston, Ball State University and Kansas State University: Boston, p.83-91.

OSMAN, Amira. **Alejandro Aravena, Pritzker 2016 and some reflections from a Residential Open Building perspective.** Disponível em <http://uj-unit2.co.za/wp-content/uploads/2016/01/Aravena-Prikzter-and-OB-some-reflections-012016.pdf>. 2016. Acesso em 19/03/2016.

PRAXIS-EA/UFMG. **Minha Casa, Minha Vida: Estudos Avaliativos na RMBH.** Relatório de Pesquisa. EA/UFMG, Belo Horizonte, 2014. Disponível em <<http://www.arq.ufmg.br/praxis>>. Acesso em 07/08/2019.

ROLNIK, Raquel. **Entrevista a TV Uruguia,** em 18/09/14. Disponível em <[www.raquelrolnik.wordpress.com](http://www.raquelrolnik.wordpress.com)>. Acesso em 02/05/2017.

TRAMONTANO, Marcelo. **Novos modos de vida, novos modos de morar,** Paris, São Paulo, Tóquio: uma reflexão sobre a habitação contemporânea. Tese de Doutorado – FAU-USP, São Paulo, 1998.

TURNER, J. F. C. Housing by people: towards autonomy in building environments. Londres: Maryon Boyars Publishers Ltd, 1976.

### Apêndice 1

CAMADA	ELEMENTO	PRODUÇÃO	MATERIAL	COMPONENTE
ESTRUTURA (EST)	LAJE (LJ)	IN LOCO (A)	VARIADOS	MACIÇO
				COGUMELO
				NERVURADA
				PROTENDIDA
				STEEL DECK
				OSB
	PILAR (PL)	PRÉ-FABRICADO (B)	CONCRETO	ALVEOLAR
				PRÉ-MOLDADO
				MACIÇO
				ALVENARIA REFORÇADA
				PRÉ-FABRICADO
				TUBULAR CIRCULAR
	VIGA (VG)	PRÉ-FABRICADO (B)	AÇO	TUBULAR RETANGULAR
				CAIXÃO PERDIDO
				PERFIL H
				MACIÇO
				MADEIRA
				LAMINADA COLADA
PAREDE ESTRUTURAL (PD)	IN LOCO (A)	CONCRETO	MACIÇO	
			PRÉ-FABRICADO	
			TUBULAR CIRCULAR	
			TUBULAR RETANGULAR	
			CAIXÃO PERDIDO	
			PERFIL H	
	PRÉ-FABRICADO (B)	AÇO	MACIÇO	
			MADEIRA	
			LAMINADA COLADA	
			COMPENSADO LAMINADO	
			CERÂMICA	
			ALVENARIA	
ESTRUTURA DA COBERTURA (ES)	IN LOCO (A)	AÇO	MACIÇO	
			CONCRETO	
			ALVENARIA	
			PRÉ-FABRICADO	
			AÇO	
			STEELFRAME	
	COBRIMENTO (CO)	IN LOCO (A)	MADEIRA	OSB
				PAINEL COMPENSADO LAMINADO
				AÇO
				TESOURA
				CAIBRO
				TESOURA
FECHAMENTO (FF)	IN LOCO (A)	CONCRETO	CAIBRO	
			TESOURA	
			CAIBRO	
			CERÂMICA	
			TELHA	
			CONCRETO	
	PRÉ-FABRICADO (B)	CONCRETO	TELHA	
			AÇO	
			TELHA	
			CIMENTO	
			TELHA	
			VIDRO	
ESQUADRIA (EQ)	IN LOCO (A)	CERÂMICA	TELHA	
			ALVENARIA	
			MACIÇO	
			ALVENARIA	
			SOLO-CIMENTO	
			ALVENARIA	
	PRÉ-FABRICADO (B)	AÇO	PAINEL	
			CERÂMICA	
			PAINEL	
			PAINEL	
			PAINEL PRÉ-MOLDADO	
			PAINEL AERADO	
PRÉ-FABRICADO (B)	AÇO	PAINEL ALVEOLAR		
		PAINEL CRF		
		PAINEL		
		STEELFRAME		
		AÇO		
		ESQUADRIA		
PRÉ-FABRICADO (B)	PVC	ESQUADRIA		
		ALUMÍNIO		
		ESQUADRIA		
		ESQUADRIA		
PRÉ-FABRICADO (B)	MADEIRA	ESQUADRIA		
		ESQUADRIA		

CAMADA	ELEMENTO	PRODUÇÃO	MATERIAL	COMPONENTE
INSTALAÇÕES (INS)	ALIMENTAÇÃO (PR)			
	DISTRIBUIÇÃO (DI)			
FECHAMENTOS INTERNOS (FIN)	DIVISÓRIAS (DV)	IN LOCO (A)	CERÂMICA	ALVENARIA
			CONCRETO	ALVENARIA
			SOLO-CIMENTO	ALVENARIA
		PRÉ-FABRICADO (B)	GESSO	ALVENARIA
			AÇO	DRYWALL
	PISO ELEVADO (PE)	IN LOCO (A)		NATURAL
			MADEIRA	COMPENSADO LAMINADO
				OSB
		PRÉ-FABRICADO (B)		PAINEL DE SARRAFO
				MDF
	FORRO (FR)	IN LOCO (A)	MINERAL	MACIÇO
			AÇO	PLACA-PEDESTAL
			PLÁSTICO	PLACA-PEDESTAL
		PRÉ-FABRICADO (B)	GESSO	PLACA
			PVC	PLACA
AGLOMERADO			PLACA	
ALUMÍNIO ZINCADO			PERFIL	
MADEIRA	TÁBUA			
	SARRAFO			
FECHAMENTO DE SHAFT (FS)				