

Projeto de casas sustentáveis com estrutura de madeira: Ligação entre os conceitos de *Shape Grammar* e Sustentabilidade

Design of sustainable houses with wooden structure: Link between the concepts of Shape Grammar and Sustainability

Raquel Tonzar Chaves, Arquiteta Especialista em Arquitetura e Sustentabilidade, Mestranda em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Presbiteriana Mackenzie

raquel.t.chaves@gmail.com

Resumo

A expansão urbana para áreas de preservação ambiental causou um impacto negativo no ecossistema local, visto que houve o desmatamento das margens e também a poluição no local. Os loteamentos irregulares, muitas vezes, apresentam construções que estão em risco e que não são moradias dignas, o que é um direito de todos. Levando isso em consideração, notou-se a necessidade de projetos para construção emergencial, porém que leve em conta os conceitos de sustentabilidade, para mitigar impactos negativos no ecossistema local. Assim, usando os conceitos da metodologia *Shape Grammar*, cria-se uma série de regras para uma casa sustentável, que respeite as necessidades básicas das famílias no local de estudo escolhido (bairro na Represa Billings, Jardim Prainha) e use de estratégias bioclimáticas levantadas para o tipo de clima do local e o declive do terreno. Para essa construção, foi estudado as limitações das estruturas de madeira, sistema estrutural sustentável, o *Wood Frame*.

Palavras-chave: *Shape Grammar*; *Wood Frame*; Casa Sustentável

Abstract

The urban expansion to areas of environmental preservation had a negative impact on the local ecosystem, since there was deforestation of the margins and also pollution at the site. Irregular subdivisions often have buildings that are at risk and that are not decent housing, which is everyone's right. Taking this into account, it was noted the need for projects for emergency construction, but that takes into account the concepts of sustainability, to mitigate negative impacts on the local ecosystem. Thus, using the concepts of the Shape Grammar methodology, a series of rules is created for a sustainable home, which respects the basic needs of families in the chosen study site (neighborhood at Billings Reservoir, Jardim Prainha) and uses bioclimatic strategies raised to the type of climate of the place and the slope of the terrain. For this construction, the limitations of wooden structures, a sustainable system, the Wood Frame, were studied.

Keywords: *Shape Grammar*; *Wood Frame*; Sustainable Houses

1. Introdução

Devido ao crescimento populacional, a relação entre civilização e sistema ecológico transformou-se por causa do aumento da demanda por recursos naturais. Isso ocasiona os problemas ambientais que nosso planeta enfrenta hoje em dia, como desmatamento de florestas, uso abusivo de água, desertificação, aquecimento global e crise climática. (GORE, Al, 2010)

“A população mundial ainda está crescendo, mas espera-se que ela se estabilize em pouco mais de 9 bilhões de pessoas na segunda metade do século XXI. Entretanto, mesmo que a população humana fique estabilizada, as taxas de emissão de gases de efeito estufa estão aumentando” (GORE, Al, 2010)

Segundo Douglas Farr (2013), além do crescimento populacional, a negligência do ser humano em relação à natureza, levando aos problemas ambientais citados, deve-se ao fato de ser uma espécie que substituiu o natural pelo mecânico, que escolheu viver em ambientes fechados, desvinculando-se do mundo natural. Assim, o indivíduo ficou alheio ao resultado de suas intervenções no meio ambiente. Tal fato não deveria ser surpreendente, visto que um adulto passa mais tempo dentro de seu veículo se locomovendo de edifício para edifício em vez de apreciar os ambientes vazios entre eles (parques e praças).

Esse estilo de vida retrata a sociedade de consumo moderna que se tem hoje, explorando os recursos naturais além do que o planeta Terra possui para oferecer. “Nosso apetite por petróleo, eletricidade, mobilidade, espaços internos e bens materiais é enorme e incessante.” (FARR, 2013)

Um exemplo de consequência do crescimento populacional é a evolução urbana da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), terceiro maior conglomerado urbano do mundo, com 39 municípios em uma área de 7.944 km² com 19.667.558 de habitantes (IBGE, 2010), dos quais mais de 11 milhões de pessoas vivem na capital, em uma área de 1.530 km². (JACOBI, 2013)

“A taxa de crescimento na RMSP entre os anos de 2000 e 2010 foi de 0,96% ao ano, e, apesar da diminuição do crescimento populacional na última década, a elevada pressão demográfica e a urbanização acelerada desprovida de planejamento, avançando em direção aos mananciais, são fatores que contribuíram diretamente para a impermeabilização do solo e a consequente redução da recarga do aquífero, além de sua poluição e redução da disponibilidade dos mananciais superficiais.” (JACOBI, 2013)

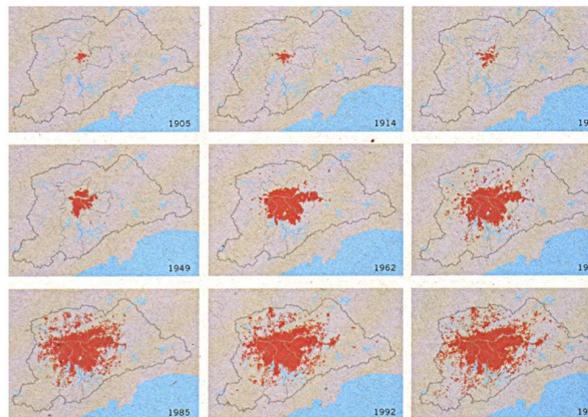


Figura 01: Evolução da mancha urbana da RMSP. Fonte: RICHARDS, 2011

A imagem acima (Figura 01) retrata um aumento expressivo da população entre as décadas de 70 e 90 e a ocupação dispersa, de maneira desordenada. A população se instala em direção às bordas, ao limite municipal, em áreas onde o valor da terra é muito inferior às regiões centrais, que são melhor dotadas de infraestrutura. (RICHARDS, 2011)

Muitas dessas moradias são feitas para suprir a necessidade da família, e eles vão fazendo as suas ampliações, os “puxadinhos”, e, devido ao declive do terreno e não serem feitas as fundações corretas, muitas vezes a moradia entra em risco de desabar. Assim, as famílias vão consumindo materiais para conseguir ter sua moradia digna, que é direito de toda a população.

Pensando em construções emergenciais, para suprir essa necessidade de moradia digna e substituir as habitações precárias, focou-se o estudo em áreas de loteamento irregulares, onde normalmente o terreno é inclinado, como no bairro Jardim Prainha às margens da represa Billings, local de estudo selecionado para este trabalho. Por ser área de manancial, precisa-se pensar em projetos para manter o ecossistema “saudável”, que não tenha impactos negativos na região, projetos que preservem a qualidade da represa.

Este trabalho tem como objetivo estudar o conceito de *Shape Grammar*, com o intuito de certificar que as construções respeitam os conceitos de sustentabilidade e que respeitam a matéria prima a ser usada. Para isso, foi realizada uma revisão bibliográfica para compreender o conceito e para estudar exemplos já existentes na arquitetura.

O sistema construtivo proposto para a casa é o *wood frame*, já que a madeira é considerada um sistema estrutural sustentável, por ser considerado o único material de construção reciclável, renovável e biodegradável, além de depender de menos energia para a sua transformação. Comparado com outros métodos de construção, é mais ecologicamente correta por utilizar sua própria energia durante o processo produtivo, e não impactar o ambiente durante seu ciclo de vida e utilização. (LEITE. LAHR, 1998)

A madeira proporciona o manejo sustentável e energético, caracterizando-a como economicamente mais viável que alvenaria. Já em relação à produção de aço, a extração do minério custa mais que a de madeira, além de poluir e demandar mais água. (LEITE. LAHR, 1998)

“Se a indústria do cimento fosse um país, seria o terceiro maior emissor de carbono do mundo: em 2015, esta indústria emitiu em todo o mundo aproximadamente 2,8 bilhões de toneladas de CO₂, o equivalente a 8% do total global de emissões antrópicas e mais que qualquer país à exceção da China e dos EUA.” (TIMPERLEY, 2018)

Dentro das possibilidades de estruturas de madeira, escolheu-se o *Wood Frame*, pelas vantagens que apresenta. Ele é sustentável por utilizar madeira de reflorestamento; é 60 % mais ágil do que a construção tradicional; existe uma estabilidade do preço da matéria prima; oferece melhor conforto térmico e acústico devido ao uso das mantas de lã e PET; proporciona mais aproveitamento dos materiais por ser um material seco; pode ser tão eficiente quanto a alvenaria devido a tecnologia aplicada; proporciona linhas de produção automatizadas; é em torno de 10% mais econômica se comparada com madeira de lei e alvenaria, e é mais precisa para a execução da obra. (UGREEN, 2019)

2. Shape Grammar

O conceito de *Shape Grammar*, ou Gramática das formas, foi introduzido em 1972 por Stiny e Gips. Originalmente, foi criado para pinturas e esculturas mas também foi aplicado em outras áreas como arquitetura, *design* industrial e engenharia. (HOISL; SHEA, 2011)

“Uma gramática da forma é um conjunto de regras formais que são aplicadas, passo a passo, para gerar um conjunto, ou linguagem, de projetos. Gramáticas da forma são ao mesmo tempo descritivas e generativas. As regras de uma gramática da forma geram, ou computam, projetos, enquanto descrevem a forma dos projetos gerados.” (KNIGHT, 1999)

O *Shape Grammar* possui quatro elementos (HOISL; SHEA, 2011):

1. $S \rightarrow$ Um conjunto finito de formas
2. $L \rightarrow$ Um conjunto finito de símbolos
3. $R \rightarrow$ Um conjunto finito de regras de transformação do tipo $A \rightarrow B$
4. $I \rightarrow$ Uma forma com etiqueta denominada Forma Inicial

Abaixo (Figura 02), um esquema que exemplifica esses elementos. Tem-se uma forma inicial (I), um quadrado, com uma etiqueta no ponto mediano de sua aresta superior. Uma regra (R) mostra que dentro dessa forma inicial, deve-se colocar um outro quadrado (S), com o vértice sobre a etiqueta, remanejando esse símbolo (L) para a aresta a direita. Outra regra (R) é a que apaga esse símbolo.

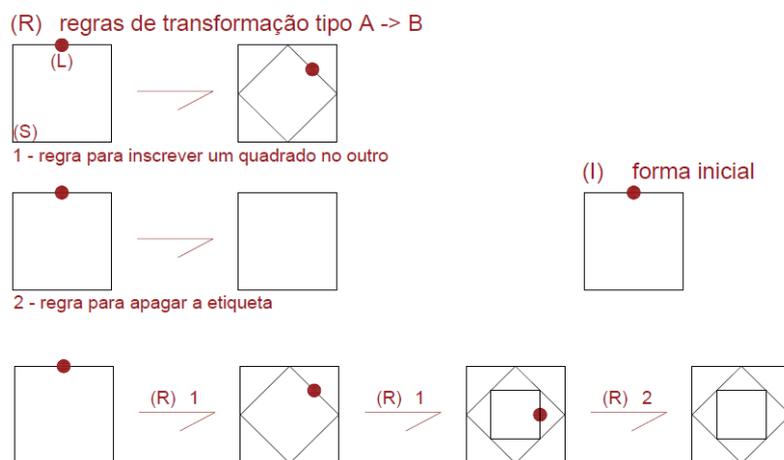


Figura 02: esquema explicativo dos elementos de *Shape Grammar*. Fonte: desenvolvido pelo autor

Em 1980, Stiny trabalhou o *Kindergarten grammars*, como um exemplo para explicar os conceitos de *Shape Grammar*. Para isso, usou os blocos de Froebel usados na educação infantil como uma abordagem para a definição de designs. Uma regra básica que ele trabalhou foi adicionar um bloco sobre outro virado 90°. A seguir uma imagem (Figura 03) que mostra a regra original (b), a forma inicial (c), e a regra aplicada 7 vezes (d) (HOISL; SHEA, 2011)

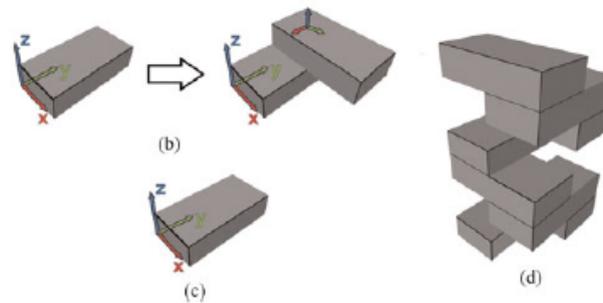


Figura 03: esquema do Kindergarten grammar criado por Stiny. Fonte: HOISL; SHEA, 2011

Embora o conceito tenha surgido na década de 70, antes disso sua metodologia já era utilizada. “Socialmente e tecnologicamente, designs de edificações eram regulados por leis estabelecidas nas diversas dinastias Chinesas.” (CHIOU, KRISHNAMURTI, 1995, p 689) Segundo Professor Ssu-ch’eng Liang, a arquitetura chinesa é composta por uma plataforma elevada, o corpo e o telhado, características achadas no *Zhi-shi*, livro que regulariza o estilo da construção. Por isso, observa-se construções similares em Taiwan, onde grupos distintos de imigrantes seguiam a mesma cultura na construção. (CHIOU, KRISHNAMURTI, 1995).

Assim, o *Shape Grammar* auxilia à normatização das construções, e, no caso deste trabalho, será usada para certificar que as construções respeitam os conceitos de sustentabilidade escolhidos a serem seguidos, além de respeitar o sistema construtivo a ser usado.

3. Wood frame

Wood Frame é um sistema construtivo que tem como base a madeira. É pré-fabricado, reduzindo tempo e resíduos na obra, e permite até 5 pavimentos, combinados com outros materiais. (UGREEN, 2019)

Esse sistema é composto por componentes estruturais (Figura 04), que são preenchidos com isolante térmico que podem ser de mantas de lã de PET (PEREIRA, 2018):

- Montantes: pilares horizontais com a altura do pé direito.
- Travessas: peças horizontais que fornecem suporte para as janelas e diminuem o comprimento de flambagem dos pilares.
- Barroteamentos: criam o suporte para os pavimentos acima do térreo.

Também possuem componentes de vedação (PEREIRA, 2018):

- Chapas de revestimento: menor espessura, usadas para vedações verticais. Nelas são usadas as chapas de Oriented Strand Board¹ (OSB).

¹ OSB é um conjunto de lascas de madeira de reflorestamento coladas em 3 camadas cruzadas perpendiculares, o que ameniza os efeitos mecânicos naturais da madeira proporcionando maior rigidez. (LEITE. LAHR, 1998)

- Chapas para barroteamento: maior espessura, também compostas por OSB. Usado nos assoalhos.

Além desses elementos, pode existir a necessidade de outros que ajudam na finalização da obra, como mãos francesas (contraentram os montantes das extremidades), placas cimentícias (ficam nas áreas molhadas, possibilitando revestimentos como azulejos e porcelanatos a serem instalados). (PEREIRA, 2018)

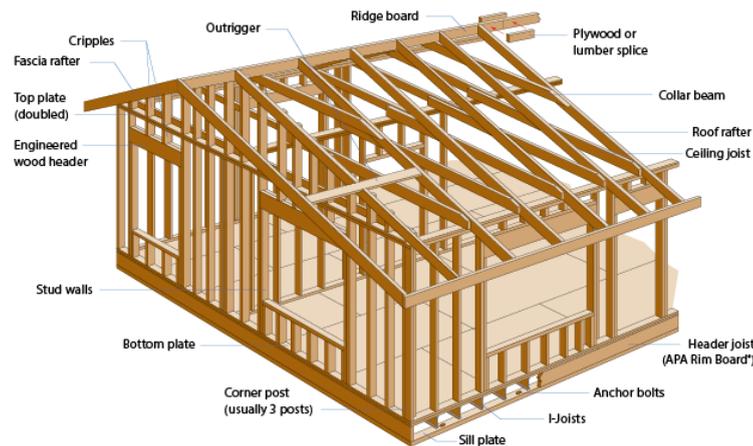


Figura 04: componentes estruturais. Fonte: Construindo Decor

Para a construção em *wood frame*, é preciso seguir algumas diretrizes, como (LEITE. LAHR, 1998):

- Parede de fundação: fechamento simples com o intuito de elevar a estrutura, para que a madeira não fique em contato com o solo. É nesse espaço que serão feitas as infra-estruturas da casa.
- Laje acima da fundação.
- Montantes costumam ter espessura de 40mm e largura de 90mm, com espaçamento de 400mm ou 600mm.
- Vigas com mesmo espaçamento dos montantes.
- Cobertura no mesmo processo que o convencional.

4. Regras para construção Sustentável com Wood Frame

Para a construção de casas sustentáveis, criou-se assim uma série de regras. Em um primeiro momento, são 3 estágios que levantam os dados necessários para iniciar o projeto.

4.1 Parte 1: levantamento de dados

Estágio 1- Entender a zona climática que o lote está inserido e a declividade do terreno.

Para esse artigo, escolheu-se uma área no bairro Jardim Prainha, à margem da Represa Billings, Área de Proteção e Recuperação Ambiental, zona sul do município de São Paulo, apontado por Martins & Ferrara (2016) e Jacobi (2013) como o local cuja a restrição ambiental, torna-o opção de moradia fora do mercado formal imobiliário para largos contingentes populacionais. Assim, busca-se, por meio deste exercício, a construção de moradias (provisórias ou definitivas) que servirão também ao propósito de melhorar as condições sociais e ambientais desses moradores e do local, cujas restrições impedem, por exemplo, movimentações de terra consideráveis, para os respectivos lotes e sistema viário.

O local tem características de produtor de água para abastecimento e habitat de espécies nativas. Seu clima se divide entre o tropical e o subtropical. (SÃO PAULO, 2011).

Já a declividade do terreno, tem-se em média $i=15\%$. (GEOSAMPA)

Estágio 2 - Levantar as estratégias bioclimáticas que podem ser inseridas no local.

Entendendo o clima onde o lote está inserido, pensa-se nas estratégias bioclimáticas e quais serão abordadas. Isso pode ser feito estudando a carta psicrométrica.(Figura 05)

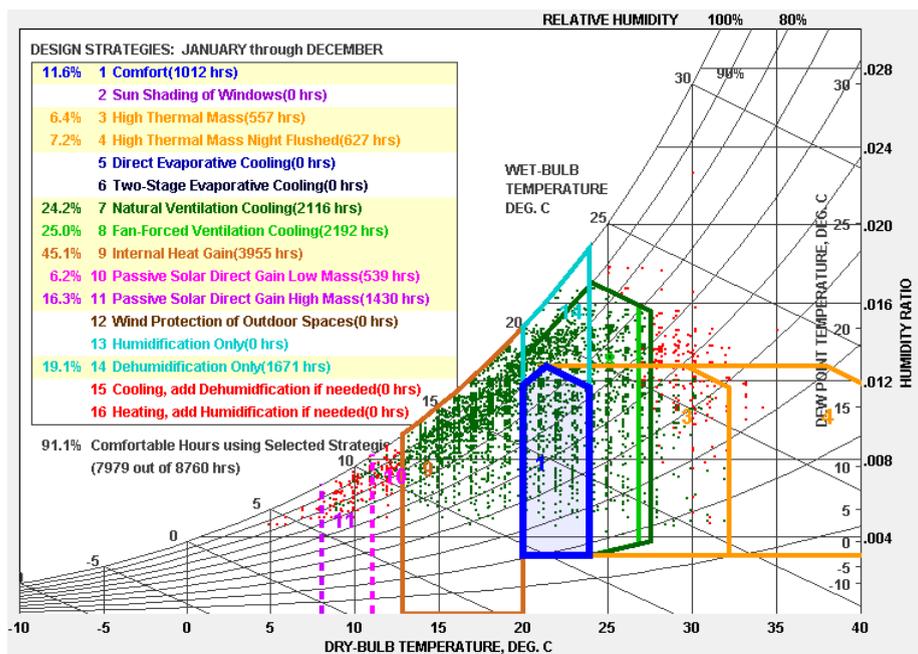


Figura 05: Carta Psicrométrica. Fonte: Climate Consultant

Por exemplo, para essa pesquisa, serão usadas as seguintes estratégias: considerar os ventos predominantes para fazer as aberturas para ventilação cruzada para um melhor conforto térmico; em qual fachada terá mais iluminação; reuso de água de chuva.

Estágio 3 - Quantas pessoas vivem na casa? Quantos cômodos serão necessários?

Levantou-se que são 1.422 domicílios ocupados, com 5.191 pessoas morando. Assim, encontra-se uma média de 3,65 pessoas por domicílio. (CENSO IBGE, 2010)

Considerando então até 4 pessoas por moradia, um casal (pai e mãe) e dois filhos (compartilhando quarto), precisa-se de 1 sala, 1 cozinha, 2 quartos e um banheiro.

Segundo a prefeitura de São Paulo, tem-se uma metragem mínima para cada ambiente da casa em uma Habitação de Interesse Social. (Quadro 01)

COMPARTIMENTOS	CÍRCULO INSCRITO MÍNIMO	ÁREA MÍNIMA (m ²)	PÉ DIREITO MÍNIMO	REVESTIMENTOS
SALA ESTAR/COPA	2,40m	8,60m ²	2,40m	-
COZINHA	1,50m	4,00m ²	2,40m	PAREDE: impermeável até 1,50m de altura PISO: impermeável
1º DORMITÓRIO	2,50m	7,50m ²	2,40m	-
DEMAIS DORMITÓRIOS	2,20m	6,60m ²	2,40m	-
BANHEIRO	1,20m	2,50m ²	2,40m	PAREDE: impermeável até 1,50m de altura PISO: impermeável
GARAGEM	2,40m	12,00m ²	2,50m	PISO: impermeável e antiderrapante
CORREDOR	0,80m	-	2,40m	-
ESCADA	0,80m	-	-	PISO: antiderrapante

Quadro 01: Áreas mínimas para construção de Habitação de Interesse Social. Fonte: NBR 15575, 2013

4.2 Parte 2: Projeto

Após esses levantamentos, inicia-se o projeto. Escolheu-se um terreno de 10m por 12.5m, sendo a fachada principal voltada para o leste.

Estágio 01 - Aplicar carta solar no terreno, para saber os períodos de insolação.

Ao analisar a carta solar de São Paulo, nota-se a insolação nas fachadas:

- Leste: Período da manhã o ano todo
- Norte: Predomínio de iluminação natural durante o ano todo.
- Oeste: Período da tarde o ano todo
- Sul: Solstício de verão. o dia inteiro. Em parte do verão, algumas horas da manhã. Em parte da primavera, algumas horas da tarde.

Assim, para “fugir” dos raios solares mais quentes do Verão, as áreas de maior convivência não deverão ter aberturas na fachada Sul.

Estágio 02 - Disposição dos ambientes. (Figura 08)

A entrada da casa é a sala de estar que será integrada com a cozinha, para evitar paredes internas e melhor aproveitar a área da casa. Para aproveitar a infraestrutura hidráulica, o banheiro deve ficar perto da cozinha. E, “aos fundos” da casa, tem-se os quartos.

Parte-se de um vazio (forma inicial, seguindo os elementos de *shape grammar*), cria-se a área do quarto de casal. Depois, é implementado o banheiro ao lado direito dele e o quarto de solteiro, “acima” do de casal.

O próximo passo foi colocar a cozinha, com a área molhada na parede adjacente ao banheiro. Depois, cria-se o espaço da sala, para fechar a casa.

Para essa modulação, considerou-se espaços entre os montantes do *wood frame* tanto de 40cm, quanto de 60cm.

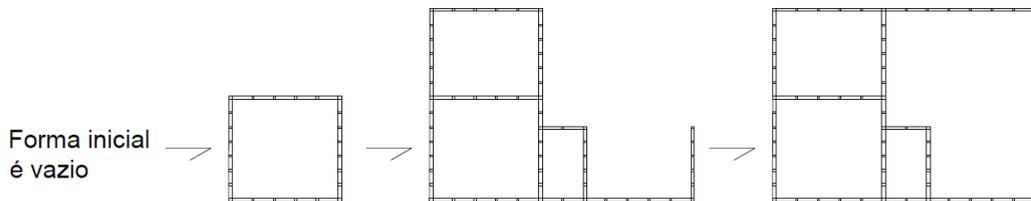


Figura 06: Disposição dos espaços. Fonte: produzido pela autora

Estágio 03 - Colocar portas e janelas

As portas são colocadas pensando no fluxo da casa. (Figura 07)

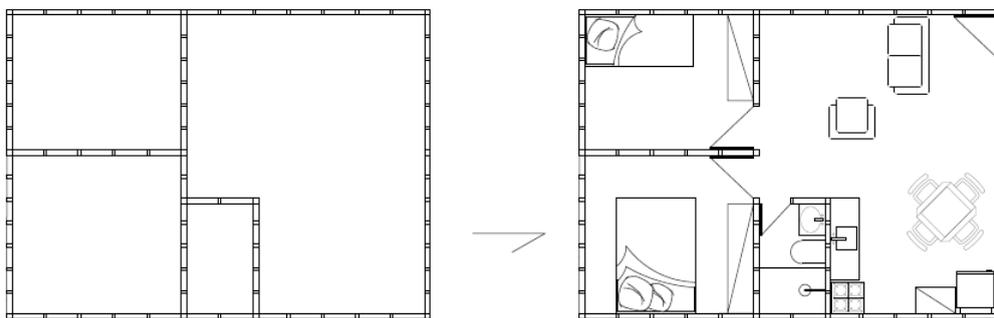


Figura 07: Inserção de portas. Fonte: produzido pela autora

Já para as janelas, considera-se os ventos predominantes que são vindos do Sudeste, para propor ventilação cruzada, que ajudará no conforto térmico da casa. Além de não colocar janelas na área de permanência (quarto de casal) na fachada Sul, onde recebe incidência solar no período mais quente do ano: o verão. Para a ventilação do banheiro, será colocada uma janela. (Figura 08)

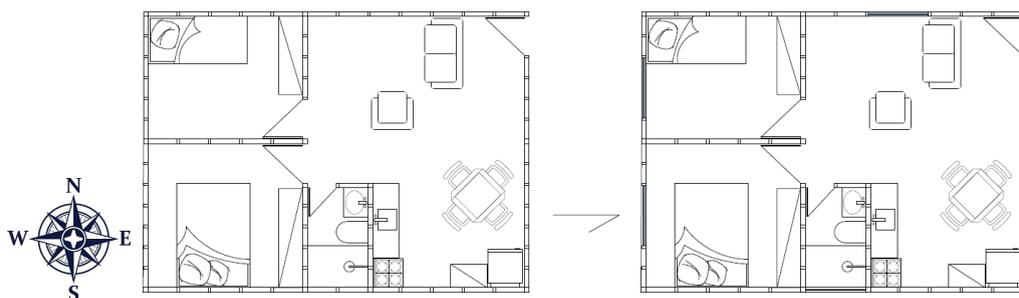


Figura 08: Inserção de Janelas. Fonte: produzido pela autora

Estágio 04 - Implementar no terreno.

Sabendo a profundidade da casa, e a declividade, coloca-se a casa no terreno, considerando evitar a terraplanagem.

Nesse caso, centralizou-se a casa ao terreno, conseguindo colocar uma rampa, pensando na questão de acessibilidade, e um mínimo de terraplanagem, apenas retirando terra onde a viga baldrame ficará enterrada. (Figura 09 e 10)

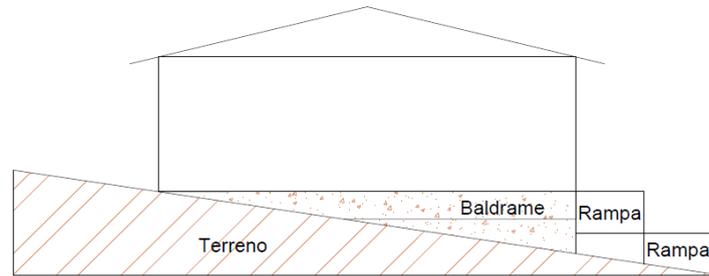


Figura 09: Corte esquemático de implantação. Fonte: produzido pela autora

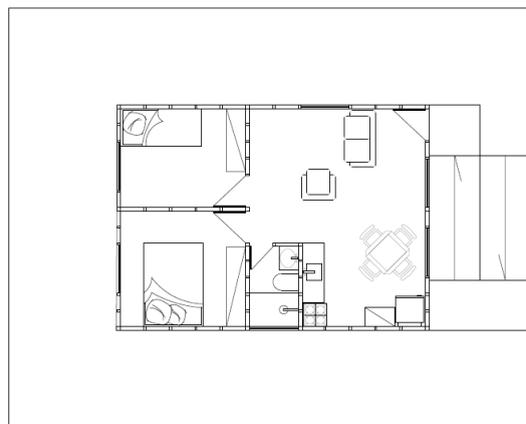


Figura 10: Implantação esquemática. Fonte: produzido pela autora

Estágio 05 - Instalação de Cisternas

Pensando em preservar o recurso natural da água e tendo conhecimento que a região tem a característica de produtor de água para abastecimento, projeta-se cisternas para reuso da água da chuva. Assim, na casa, retém-se a água da chuva em tanques para ser usada em descargas dos vasos sanitários e banhos, ato que ajuda a preservar o nível da represa e o ecossistema dela.

As cisternas são colocadas ao fundo do terreno, e, antes da água ir para o chuveiro, passa por um tratamento ecológico por meio de *wetlands* construídas².

5. Conclusão

A partir desse trabalho, existem possibilidades futuras de estudo, como, por exemplo, desenvolver estudos e criar regras para uma ampliação da moradia que as famílias possam vir a querer fazer. Assim, abre-se uma oportunidade que permeia a educação ambiental, a engenharia ambiental, a arquitetura e a própria formação e treinamento dos moradores na técnica construtiva proposta, *shape grammar* e *wood frame*, para tais ampliações e futuras manutenções.

² Wetlands construídas: são sistemas projetados que simulam um ecossistema natural e que as plantas nele implantadas auxiliam na “filtração” da água, para manter a qualidade da mesma. (CONSTRUCT, 2016)

Numa outra dimensão, discute-se na formação do arquiteto e urbanista o seu envolvimento nas assessorias técnicas a diversas atividades realizadas com base nas comunidades, que remete a tais profissionais a necessidade de domínio que estas técnicas necessitam.

E, por último, numa concepção mais ampla, intervenções como essa proposta nesse trabalho, podem e devem ser, casadas com técnicas que estão ganhando adeptos, tanto em locais periféricos como em áreas centrais, ou em áreas rurais e urbanas: permacultura, infraestrutura verde, soluções baseadas na natureza, entre outros, como as já implementadas como o tratamento de esgoto por wetlands construídos e a recuperação de APP realizada pelo Conjunto Habitacional (MORENO; POLACHI, 2019), ou mesmo em favelas urbanizadas, como o Cantinho do Céu (ADEGUN, 2017), próximo ao local objeto deste estudo.

Referências

- ADEGUN, O. B. **Green infrastructure in relation to informal urban settlements.** *Journal of Architecture and Urbanism*, 41(1), 22 –33, 2017. <https://doi.org/10.3846/20297955.2017.1296791>;
- CENSO IBGE 2010. Disponível em <<https://censo2010.ibge.gov.br/>> Acesso em 06/01/2021
- CHIOU, S.C ; KRISHNAMURTI, R. **The grammar of Taiwanese traditional vernacular dwellings.** Pittsburgh: 1995
- CONSTRUCT. **Wetlands construídos: uma alternativa sustentável.** 2016. Disponível em <<https://constructapp.io/pt/wetlands-construidas-uma-alternativa-sustentavel/>> Acesso em 06/01/2021
- CONSTRUINDO Decor. **Wood Frame** - Tecnologia na construção de casas de madeira. Construindo Decor. Disponível em <<http://construindodecor.com.br/wood-frame-tecnologia-na-construcao-de-casas-de-madeira/>> Acesso em: 07/01/2021.
- FARR, Douglas. **Urbanismo sustentável: desenho urbano com a natureza.** Porto Alegre: Bookman, 2013.
- Geosampa disponível em <http://geosampa.prefeitura.sp.gov.br/PaginasPublicas/_SBC.aspx> Acesso em: 09/01/2021
- GORE, Albert. **Nossa escolha: um plano para solucionar a crise climática!** Barueri: Manole, 2010.
- GUIA para aprovação de projetos - HIS / HMP. São Paulo, 2013
- HOISL, F; SHEA, K. An interactive, visual approach to developing and applying parametric threedimensional spatial grammars. *Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing*. 2011. v.25, pp 333-356 doi:10.1017/S0890060411000205

JACOBI, Pedro Roberto. **São Paulo metrópole insustentável** – como superar esta realidade? Cad. Metrop., São Paulo, v. 15, n. 29, pp. 219-239, jan/jun 2013. Disponível em: <<https://revistas.pucsp.br/metropole/article/download/15823/11847>>. Acesso em: 08/01/2021.

KNIGHT, T. W. Shape grammars in education and practice: history and prospects. **International Journal of Design Computing**. Sydney: 1999-2000. v. 2. Disponível em: <<http://www.mit.edu/~tknight/IJDC>>. Acesso em 09/01/2021

LEITE, J.C.P.S; LAHR, F.A.R. **Diretrizes básicas para projeto em Wood Frame**. 1998 Disponível em: < www.fumec.br/revistas/construindo/article/download/4017/1998 > Acesso em: 08/01/2021

MARTINS, M.L.R. & FERRARA, L.N. **Meio ambiente urbano**: soluções urbanísticas e qualificação de assentamentos precários nas margens dos mananciais Paulistanos. IN: Arquitetura e qualidade socioambiental nas cidades do Cone Sul. Santa Fé, Universidad del Litoral; São Paulo- FAU/USP, 2016.

MORENO, R.S. & POLLACHI, A. **Ecologismo dos Pobres nas cidades do Sul Global**: os assentamentos precários como força motriz da recuperação socioambiental? In: Fórum de Governança Ambiental da Macrometrópole Paulista - IEE-USP, São Paulo, 24 de abril de 2019.

NBR 15.575/2013 - **Norma de Desempenho** - Edificações Habitacionais.

PEREIRA, Caio. Wood Frame: o que é, características, vantagens e desvantagens. **Escola Engenharia**, 2018. Disponível em: <<https://www.escolaengenharia.com.br/wood-frame/>> Acesso em: 07/01/2021

RICHARDS, Daniella Lucas. **Regularização de Assentamentos Precários em áreas de manancias**: Avanços, desafios e perspectivas para a cidade de São Paulo (1997-2010). 2011. 279 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2011.

SÃO PAULO (Estado) . Secretaria do Meio Ambiente / Coordenadoria de Educação Ambiental. Billings.São Paulo : SMA/CEA, 2010. 150p. ; 21x29,7cm. (Cadernos de Educação Ambiental – Edição Especial Mananciais, vol. I). Disponível em: <<http://arquivos.ambiente.sp.gov.br/publicacoes/2016/12/mananciais-billings-edicao-especial-2011.pdf>> Acesso em: 08/01/2021.

TIMPERLEY, Jocelyn. Q&A: Why cement emissions matter for climate change. Carbon Brief, 2018. Disponível em <<https://www.carbonbrief.org/qa-why-cement-emissions-matter-for-climate-change>> Acesso em: 08/01/2021.

UGREEN. Wood Frame: 7 itens que você precisa saber. **Blog Ugreen**. Curitiba, 2019 <<https://www.ugreen.com.br/wood-frame-7-elementos-que-voce-precisa-conhecer/>> Acesso em 07/01/2021