



**DIRETORIA DE ENSINO DO *CAMPUS* SALVADOR  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL  
CURSO TÉCNICO INTEGRADO EM EDIFICAÇÕES**

**MONIQUE MARAMBAIA FERREIRA FONSECA**

**TAIPA DE MÃO  
UMA PROPOSTA SUSTENTÁVEL DE HABITAÇÃO POPULAR**

**Salvador  
2022**

**MONIQUE MARAMBAIA FERREIRA FONSECA**

**TAIPA DE MÃO**

**UMA PROPOSTA SUSTENTÁVEL DE HABITAÇÃO POPULAR**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento Acadêmico de Construção Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Técnica em Edificações.

Orientador: Me. Gustavo Bruski de Vasconcelos

Coorientadora: Me. Samara Ferreira Andrade

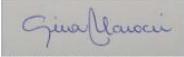
Salvador  
2022

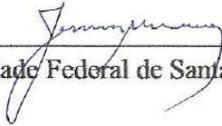
MONIQUE MARAMBAIA FERREIRA FONSECA

TAIPA DE MÃO  
UMA PROPOSTA SUSTENTÁVEL DE HABITAÇÃO POPULAR

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado como requisito para obtenção do título de Técnica em Edificações, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, pela seguinte banca examinadora:

Gustavo Bruski de Vasconcelos   
\_\_\_\_\_  
(Mestre em Engenharia Urbana, Universidade Estadual de Maringá- UEM)  
(IFBA-Campus Euclides da Cunha)

Gina Veiga Pinheiro Marocci   
\_\_\_\_\_  
(Doutora em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal da Bahia-UFBA)

Jenner Miranda de Carvalho   
\_\_\_\_\_  
(Doutor em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina-UFSC)  
(IFBA-Campus Salvador)

Salvador, 18 de agosto de 2022

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho a todes que acreditam e buscam agir para haver um mundo mais equilibrado e respeitoso com os seres e a Natureza, local onde brota a vida, força e energia.

## AGRADECIMENTOS

À Natureza e a espiritualidade que nos permitem tudo para a vida, transformação, desenvolvimento, evolução e felicidade. A maior representação de dedicação, onde nunca é economizada energia de esforço na frutuosidade, na beleza e nos detalhes de tudo que existe.

À ancestralidade, a sabedoria dos mais velhos que tanto se esforçaram para sobreviver, buscar condições melhores e nos transmitir seus ensinamentos, os quais posso dedicar aos meus avôs e minha avó que não se encontram no plano material e à minha avó Terezinha que segue embelezando esse mundo com sua existência.

À minha mãe, meu irmão André, meu pai e os meus amigos agapornis, Dido e Cristal, assim como a tantos outros membros da minha família, os quais me deram carinho, sorrisos, companhia, amor, apoio e me auxiliaram dentro das suas possibilidades. Agradeço imensamente ao lar, alimento e educação, ambiente que me permite ter o privilégio de poder me desenvolver academicamente.

Ao IFBA, que foi espaço de acolhimento em momentos muito difíceis para mim, no qual tive chance de aprender muito, fazer boas escolhas e trilhar um caminho feliz, apesar de algumas feridas que foram adquiridas na passagem. Agradeço aos amigos, aos bons ensinamentos, ao movimento estudantil, aos desafios e à todos os professores e demais trabalhadoras que se dedicaram para compartilhar os conhecimentos e sabedorias.

Aos meus amigos, que me deram apoio, ajuda, me acompanham de mãos dadas, me ensinam e me dão broncas. Aqueles que compartilho dores e sorrisos, que me dão força, amor e exemplos. Aos que me ajudaram na confecção do trabalho e são luz para o meu caminho.

Ao meu orientador, prof. Gustavo, por me aceitar como orientando e os desafios da temática escolhida. Por toda a paciência e atenção nas reuniões intermináveis e nas diversas dúvidas, assim como no incentivo, apoio e criatividade nas diferentes ideias ao longo do trabalho.

À coorientadora, profª Samara, pela colaboração no trabalho e empenho para sanar as diversas dúvidas. Assim como agradeço à profª Gina, Michele, Marilda, Prof. Severiano e tantos outros que foram essenciais para a construção do trabalho e na jornada de aprendizado.

Por fim, agradeço a todos que colaboraram de alguma maneira neste trabalho e no percurso para finalização da minha formação técnica em Edificações. Um ciclo que concluo feliz, consciente que realizei ao máximo dentro da minha capacidade, mas sabendo que há muito o que melhorar e aprender na continuidade da trajetória.

Nos córregos emparedados das cidades  
Pulsa uma saudade de uma paisagem mais justa  
Onde todos tenham pé nu, no chão nu  
E faça esse caminho,  
Saudade da sombra da árvore  
E do entendimento de que nós somos parte desse manto

PONTO DAS CABOCLAS (2013)

FONSECA, Monique Marambaia Ferreira. **Taipa de mão**: uma proposta sustentável de habitação popular. Trabalho de Conclusão de Curso, Curso Técnico em Edificações, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia – *Campus* Salvador, Salvador, 2022.

## RESUMO

As técnicas vernaculares são práticas construtivas milenares, as quais se mostraram como ferramentas essenciais para o desenvolvimento humano, por meio da autoconstrução contextualizada com a cultura dos usuários e as condições ambientais existentes, como pode ser exemplificada pela técnica da taipa de mão, uma técnica mista de construção com terra muito difundida na região Nordeste do Brasil. Entretanto, as técnicas modernas industrializadas resultam na substituição, distanciamento e na desvalorização do potencial das práticas vernaculares, situação que gera consequências degradantes para o meio ambiente, sua exploração e poluição, derivado das construções convencionais, o que torna necessária a reflexão por outras alternativas eficientes. Como objetivo geral da pesquisa, propõe-se elaborar uma proposta arquitetônica com viés sustentável com a técnica construtiva da taipa de mão para uma família de baixa renda localizada na zona rural do Recôncavo baiano. O projeto arquitetônico foi definido a partir embasamento teórico, exemplificado pelo objetivo específico de analisar, por meio das contribuições empíricas e científicas, as possibilidades com a técnica da taipa de mão, suas vantagens, desvantagens e aplicação para autoconstrução de baixo custo. Para atingir os objetivos estabelecidos, foram realizadas as pesquisas bibliográfica e documental, visita técnica em uma habitação contemporânea em taipa de mão, participação prática e a produção do projeto arquitetônico da proposta. Por fim, o tema apresentado é de relevância e apresenta diversos pontos favoráveis para sua execução, o projeto produzido e a tipologia construtiva alinha-se com a sustentabilidade, qualidade, o baixo custo e simples execução. Entretanto, para o alcance da qualidade final é necessário o conhecimento do funcionamento das etapas construtivas de maneira consciente e observa-se que há grandes barreiras devido ao preconceito associado à taipa de mão. Almeja-se que pesquisas, estudos, normas possam favorecer o reconhecimento do potencial para preservação ambiental e cultural com qualidade e viabilidade da sua aplicação na atualidade.

**Palavras-chave:** taipa de mão; sustentabilidade; construção; habitação para população de baixa renda.

## ABSTRACT

Vernacular techniques are ancient constructive practices, which have proved to be essential tools for human development, through self-construction contextualized with the users' culture and existing environmental conditions, as can be exemplified by "taipa de mão", a mixed technique of construction with land very widespread in the Northeast region of Brazil. However, modern industrialized techniques result in the replacement, distancing and devaluation of the potential of vernacular practices, a situation that generates degrading consequences for the environment, its exploitation and pollution, derived from conventional constructions, which makes it necessary to reflect on other efficient alternatives. . As a general objective of the research, it is proposed to elaborate an architectural proposal with a sustainable bias with the construction technique of "taipa de mão" for a low-income family located in the rural area of the Recôncavo Bahia. The architectural project was defined from a theoretical basis, exemplified by the specific objective of analyzing, through empirical and scientific contributions, the possibilities with the hand rammed earth technique, its advantages, disadvantages and application for low-cost self-construction. To achieve the established objectives, bibliographic and documental research were carried out, a technical visit to a contemporary house in rammed earth, practical participation and the production of the architectural project of the proposal were carried out. Finally, the theme presented is relevant and presents several favorable points for its execution, the project produced and the constructive typology is aligned with sustainability, quality, low cost and simple execution. However, in order to reach the final quality, it is necessary to know how the constructive steps work in a conscious way and it is observed that there are great barriers due to the prejudice associated with hand rammed earth. It is hoped that research, studies, standards may favor the recognition of the potential for environmental and cultural preservation with the quality and feasibility of its application today.

**Palavras-chave:** taipa de mão; sustainability; vernacular construction; housing for low-income population.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Disposição irregular de RCC.....	29
Figura 2 - Resultado da disposição de lixo no mar.....	31
Figura 3 - Mesquita de Djenné, Mali.....	37
Figura 4 - Museu Yves Saint Laurent de Marrakech.....	37
Figura 5 - Funcionamento de proteção solar.....	38
Figura 6 - Representação da ventilação cruzada.....	39
Figura 7 - Influência do beiral na ventilação.....	39
Figura 8 - Pátio árabe.....	39
Figura 9 - Tipos de iluminação natural.....	41
Figura 10 - Árvores de copa alta favorecem a ventilação.....	42
Figura 11 - Zoneamento bioclimático brasileiro.....	43
Figura 12 - Aparência externa e interna de um modelo de habitação <i>Earthship</i> .....	44
Figura 13 - Solo argiloso em Simões Filho/BA.....	47
Figura 14 - Edificação residencial com taipa de pilão, pau a pique em Atibaia/SP.....	48
Figura 15 - Edificação em Shillourokambos/Chipre.....	49
Figura 16 - Templo horyu ji/Japão.....	49
Figura 17 - Pirâmide do Sol de Teotihuacán/México.....	50
Figura 18 - Cidade sagrada de Caral-Supe/Peru.....	50
Figura 19 - Moradia Indígena da etnia Taos.....	51
Figura 20 - Casa subterrânea etnia Caingangue.....	51
Figura 21 - Cubata revestida de Angola/Luanda.....	52
Figura 22 - Representação de cabanas em pau a pique da etnia Tupinambá.....	53
Figura 23 - Pintura “Engenho”, representa a organização da hierarquia do engenhos.....	54
Figura 24 - Edificação em taipa de mão.....	55
Figura 25 - Edificação popular rústica em taipa de mão na Bahia.....	56
Figura 26 - Técnicas de construção com terra e identificação da taipa de mão.....	57
Figura 27 - Barreamento da estrutura vegetal.....	58
Figura 28 - Edificação tradicional de taipa de mão em Baixa Grande/BA.....	59
Figura 29 - Edificação tradicional da Venezuela.....	60
Figura 30 - Inseto “barbeiro”.....	63
Figura 31 - Edificação em taipa de mão com diversas frestas em Baixa Grande/BA.....	64

Figura 32 - Edificação em taipa de mão com 250 anos de idade, São Paulo/Brasil.....	65
Figura 33 - Demonstração do ensaio com cilindro.....	73
Figura 34 - Ensaio de sedimentação.....	74
Figura 35 - Amostras do ensaio da bolacha de barro.....	74
Figura 36 - Amostras rompidas sem equipamentos.....	75
Figura 37 - Fundação com valas de material impermeabilizado.....	78
Figura 38 - Construção de fundação com rochas, Santo Amaro/BA.....	78
Figura 39 - Representação da trama vegetal.....	79
Figura 40 - Trama com peças de bambu.....	80
Figura 41 - Trama quadriculada e pilar.....	80
Figura 42 - Recobrimento da estrutura vegetal.....	81
Figura 43 - Preenchimento interno da trama com primeira camada.....	86
Figura 44 - Abrigo com terra produzida por insetos.....	87
Figura 45 - Revestimento convencional em edificação de taipa de mão.....	88
Figura 46 - Mosaico com cerâmicas coloridas.....	90
Figura 47 - Interruptor embutido na parede de taipa de mão.....	92
Figura 48 - Parede pintada à esquerda e sem tinta à direita.....	93
Figura 49 - Inserção de garrafas de vidro na parede, vista interna e externa.....	94
Figura 50 - Piscina de barro com muita água.....	95
Figura 51 - Mistura com pés e ferramentas na piscina.....	95
Figura 52 - Detalhes da trama do banheiro seco.....	95
Figura 53 - Lona com mistura para lançamento.....	96
Figura 54 - Lançamento da lateral para o centro.....	96
Figura 55 - Textura após lançamento da primeira camada.....	96
Figura 56 - Parte da mistura úmida descola da parede.....	97
Figura 57 - Aparência da parede após lançamento.....	97
Figura 58 - Trama com galhos de bambu.....	98
Figura 59 - Após o lançamento com a mistura.....	98
Figura 60 - Maquete após primeira cada seca.....	99
Figura 61 - Três camadas da maquete.....	99
Figura 62 - Croquis da proposta arquitetônica.....	100
Figura 63 - Planta baixa e sua respectiva fachada principal.....	101
Figura 64 - Cidades que compõem o Recôncavo baiano e seus respectivos solos.....	102

Figura 65 - Implementação em planta do projeto no terreno.....	104
Figura 66 - Construções com terra e com fundação de pedras elevadas.....	105
Figura 67 - Fachada lateral 1/leste e fundação elevada em 51cm.....	105
Figura 68 - Estrutura de madeira para inserção de esquadrias.....	107
Figura 69 - Garrafas de vidro inserida nas paredes.....	107
Figura 70 - Planta baixa térreo: paredes semicirculares e cômodos desalinhados.....	108
Figura 71 - Corte longitudinal: diferença de altura no telhado, ampliação do ponto mais alto e tela de mosquitoiro.....	110
Figura 72 - Manta térmica com Tetra pak.....	110
Figura 73 - Fachada principal: parcela do telhado com vegetação.....	111
Figura 74 - Construções com vegetação.....	111
Figura 75 - Filtro nas calhas.....	112
Figura 76 - Tela de mosquitoiro no telhado.....	112
Figura 77 - Bloco confeccionado com garrafas de vidro.....	113
Figura 78 - Esquema com informações do terreno e direção de ventos predominantes.....	114
Figura 79 - Móveis de terra.....	115
Figura 80 - Mosaico com cacos de espelho.....	116
Figura 81 - Banheiro seco e convencional com garrafas de vidro.....	117
Figura 82 - Corte transversal: vista do banheiro convencional em corte.....	118
Figura 83 - Salvador e zoneamento bioclimático brasileiro.....	119
Figura 84 - Fachada lateral 2/oeste: vegetação, árvores e sombreamento.....	121
Figura 85 - Representação da abertura na cobertura.....	121
Figura 86 - Janela de abrir de madeira com veneziana.....	122
Figura 87 - Janelas de abrir aberta como brise.....	122
Figura 88 - Esquema de funcionamento da lâmpada de Moser.....	124
Figura 89 - Vista externa da lâmpada de Moser.....	125
Figura 90 - Vista interna da lâmpada de Moser.....	125
Figura 91 - Modelo de aquecedor com materiais reutilizados.....	126
Figura 92 - Instalações elétricas externas.....	127
Figura 93 - Peças confeccionadas de barro em áreas molhadas.....	128
Figura 94 - Instalações elétricas e hidráulicas aparentes.....	129
Figura 95 - Construção em ferrocimento de cisterna.....	130
Figura 96 - Cisterna com interferências.....	130

Figura 97 - Carneiro hidráulico em funcionamento.....	130
Figura 98 - Modelo com reutilização.....	130
Figura 99 - Sistema que promove o reaproveitamento.....	131
Figura 100 - BET construída em comunidade de Paraty/RJ.....	132
Figura 101 - Detalhes do sistema da BET.....	133
Figura 102 - Sistema do círculo de bananeiras.....	133
Figura 103 - <i>Urban jungle</i> : ambiente interno com vegetação.....	135
Figura 104 - Relevos e desenhos manuais em paredes de terra.....	135
Figura 105 - Fachada fundo/norte e a vegetação.....	136
Figura 106 - Grade com garrafas de vidro.....	137
Figura 107 - Moradia de terra com vegetação.....	137
Figura 108 - Horta.....	138
Figura 109 - Tipos de horta vertical fixa em beiral.....	138
Figura 110 - Representação de algumas propostas para habitação.....	139

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland  
ABCTerra – Associação Brasileira dos Construtores com Terra  
ABMTENC – Associação Brasileira de Materiais e Tecnologias Não-Convencionais  
ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas  
ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais  
BET – Bacia de Evapotranspiração  
BNH – Banco Nacional da Habitação  
CAB – Coeficiente de Aproveitamento Básico  
CAM – Coeficiente de Aproveitamento Máximo  
CEF – Caixa Econômica Federal  
CEPED – Centro de Pesquisas e Desenvolvimento da Bahia  
CIB – Conselho Internacional de Construção  
CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente  
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
INCRA – Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária  
INMET - Instituto Nacional de Meteorologia  
IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de S. Paulo  
FJP – Fundação João Pinheiro  
FUNASA – Fundação Nacional de Saúde  
LATHIS – Lei de Assistência Técnica para Habitação de Interesse Social  
LED – *Light Emitting Diode* - diodo emissor de luz -  
MHCDCh – Melhorias Habitacionais para o Controle da Doença de Chagas  
NBR – Norma Brasileira  
ONU – Organização das Nações Unidas  
PANC – Planta Alimentícia Não Convencional  
PCVA – Programa Casa Verde e Amarela  
PET – Polietileno Tereftalato  
PMCMV – Programa Minha Casa, Minha Vida  
PMCMVR – Programa Minha Casa, Minha Vida Rural  
PNHR – Programa Nacional de Habitação Rural

PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos

PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica

PVC – Policloreto de vinila

RCC – Resíduos da Construção Civil

SWERA – *Solar and Wind Energy Resource Assessment*

TRY – *Test Reference Year*

TMY – *Typical Meteorological Year*

UFBA – Universidade Federal da Bahia

UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>17</b>
<b>2</b>	<b>HABITAÇÃO PARA POPULAÇÃO DE BAIXA RENDA NO AMBIENTE RURAL</b> .....	<b>21</b>
<b>2.1.</b>	<b>Ações governamentais</b> .....	<b>23</b>
<b>2.2.</b>	<b>Autoconstrução e Lei nº 11.888/2008</b> .....	<b>24</b>
<b>3</b>	<b>CONSTRUÇÃO CIVIL E SUSTENTABILIDADE</b> .....	<b>27</b>
<b>3.1.</b>	<b>Construção convencional e impactos ambientais</b> .....	<b>27</b>
<b>3.2.</b>	<b>Resíduos passíveis de reutilização na construção</b> .....	<b>30</b>
<b>3.3.</b>	<b>Sustentabilidade</b> .....	<b>33</b>
<b>3.4.</b>	<b>Sustentabilidade em habitações</b> .....	<b>35</b>
<b>3.5.</b>	<b>Intervenções construtivas que promovem sustentabilidade</b> .....	<b>37</b>
<b>4</b>	<b>CONSTRUÇÕES NATURAIS COM TERRA E A TÉCNICA CONSTRUTIVA DA TAIPA DE MÃO</b> .....	<b>46</b>
<b>4.1.</b>	<b>Aspectos históricos das construções com terra</b> .....	<b>48</b>
<b>4.2.</b>	<b>Tipologia construtiva da taipa de mão</b> .....	<b>55</b>
<b>4.3.</b>	<b>Preconceito e preservação cultural</b> .....	<b>59</b>
<b>4.4.</b>	<b>Associações e normas que trabalham com a construção com terra</b> .....	<b>64</b>
<b>4.5.</b>	<b>Vantagens e desvantagens da taipa de mão</b> .....	<b>66</b>
<b>4.6.</b>	<b>Ensaio de campo</b> .....	<b>70</b>
<b>4.7.</b>	<b>Processo construtivo específico para taipa de mão</b> .....	<b>76</b>
<b>4.7.1.</b>	<b>Fundação</b> .....	<b>76</b>
<b>4.7.2.</b>	<b>Pilares e estrutura vegetal</b> .....	<b>78</b>
<b>4.7.3.</b>	<b>Barro: misturas e fermentação</b> .....	<b>81</b>
<b>4.7.4.</b>	<b>Barreamento</b> .....	<b>85</b>
<b>4.7.5.</b>	<b>Revestimentos</b> .....	<b>87</b>
<b>5</b>	<b>ATIVIDADES PRÁTICAS</b> .....	<b>91</b>
<b>5.1.</b>	<b>Visita técnica e entrevista com bioconstrutor informal</b> .....	<b>91</b>
<b>5.2.</b>	<b>Barreamento da estrutura do banheiro seco</b> .....	<b>94</b>
<b>6</b>	<b>PROJETO ARQUITETÔNICO UNIFAMILIAR EM TAIPA DE MÃO</b> .....	<b>100</b>

<b>6.1. Localização</b> .....	102
<b>6.2. Atividades construtivas sugeridas para a proposta</b> .....	104
6.2.1. Fundação.....	104
6.2.2. Paredes.....	106
6.2.3. Telhado.....	109
6.2.4. Disposição dos cômodos na habitação.....	112
<b>6.3. Desempenho térmico: materiais, ventilação, esquadrias e sombreamento</b> ...	119
<b>6.4. Instalações elétricas: redução de consumo, aquecedor solar natural e iluminação</b> .....	118
<b>6.5. Instalações hidráulicas: abastecimento, direcionamento e saneamento</b> .....	127
<b>6.6. Destinação de resíduos</b> .....	134
<b>6.7. Aspectos estéticos</b> .....	135
<b>6.8. Subsistência, lazer e vegetação</b> .....	137
<b>7 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	141
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	144
<b>APÊNDICE A - Entrevista sobre autoconstrução aperfeiçoada de taipa de mão</b> .....	151
<b>APÊNDICE B - Proposta Arquitetônica em taipa de mão</b> .....	162

## 1 INTRODUÇÃO

O processo de industrialização, a produção em larga escala e a padronização de materiais tornam o consumo de tecnologias modernas e industriais mais valorizados para o *status* social, porém muitas vezes desconectada da cultura local, de melhores condições de conforto ambiental e preservação da natureza. Essa lógica da construção civil convencional é responsável pela exploração de cerca de 50% a 75% dos recursos naturais mundiais, como o setor que mais consome recursos naturais e utiliza energia de forma intensiva. Estima-se, como apontado pelo Conselho Internacional da Construção - CIB -, que mais de 50% dos resíduos sólidos gerados por atividades humanas sejam provenientes deste setor (SERRADOR, 2008). Essa realidade impulsiona movimentos e organizações - como o Relatório de Brundtland (1987), a Carta da Terra e Agenda 21 (1992), CIB e a Agenda 2030 (ONU, 2015) - na busca de outras possibilidades que proporcionam o avanço econômico alinhado com a redução de impactos ambientais, melhor qualidade de vida e principalmente em um desenvolvimento que não comprometa as próximas gerações, ou seja, um desenvolvimento sustentável (ONU, 2020).

Para o alcance de processos construtivos sustentáveis deve-se analisar todas as etapas, como a extração dos materiais - disponibilidade local e redução de custos -, o planejamento e o projeto - investimento disponível, usuários, localização, condições ambientais -, o processo construtivo - mão de obra e etapas da execução - até a finalização da obra e os processos posteriores ao seu término, como o gerenciamento dos resíduos e a manutenção (CIB; UNEP-IETC, 2002 *apud* BAYER, 2010). As construções vernaculares são grandes exemplos de arquiteturas tradicionais e contextualizadas, resultado de intervenções conscientes e harmônicas com o meio ambiente, aliado a técnicas sustentáveis, princípios bioclimáticos e aos diferentes aspectos sociais, históricos e culturais, evitando processos industriais, contaminação do solo por substâncias tóxicas e emissão de gases por transporte. Ao redor do mundo podem ser observadas diversas técnicas seculares de construção com terra, como o adobe, a quinha<sup>1</sup>, a taipa de pilão e a taipa de mão - ou pau a pique, dependendo da região -, entretanto, essas técnicas são invisibilizadas e desvalorizadas.

Especificamente para a Taipa de mão - técnica mista composta por uma estrutura vegetal e terra crua - e amplamente difundida na região do Nordeste brasileiro mas que ainda é alvo de preconceito ao associá-la a um aspecto rústico, emergencial, provisório e vetor de

---

<sup>1</sup> Técnica construtiva tradicional na América central, sistema misto composto por entramado vegetal e terra

doenças. Pode-se afirmar que este cenário é reforçado pela padronização de programas habitacionais do Estado, vide a ausência de normatização da técnica e a desconsideração de suas qualidades construtivas específicas, como a redução de custo, a inércia térmica e a facilidade construtiva. Atualmente, são realizados diversos estudos que abordam os benefícios, desvantagens e a melhoria de seus resultados, além das possibilidades como uma ferramenta de preservação cultural, técnica de baixo impacto, implementação da reutilização de resíduos - reduzindo impactos da construção civil e de outros setores -, independência construtiva por meio da autoconstrução e redução de custo.

Entre o período de 2011 e 2014, o Nordeste ocupou a primeira posição de déficit habitacional rural com mais de 65% do total no país - carência de mais de 700.000 moradias - e a Bahia como segundo estado mais deficiente. Na composição desses valores são incluídas habitações precárias que não dispõem da condição de suprir as necessidades dos serviços básicos, o que inclui construções tradicionais com materiais naturais, executadas e utilizadas sem o conhecimento técnico e a manutenção necessária (VIEIRA, 2017).

De acordo com o Art. 6 da Constituição da República Federativa do Brasil (BRASIL, 1988), a moradia é um direito social dos indivíduos e, no Art. 23, inclui a promoção de programas de construção de moradias e a melhoria das condições habitacionais como atribuição do estado, o que é observado nas diversas alternativas governamentais para redução do grande déficit habitacional. Porém, muitas vezes não ocorre da melhor maneira e facilmente devido a uma extensa lista de espera, aos conflitos entre os sujeitos do ambiente rural, investimentos focados em zonas com maior déficit ou para comunidades com maior condição financeira, além que a padronização necessária pode não permitir a adaptação ao clima local, insolação e a inclusão de técnicas alternativas que proporcionam menores impactos e custos (BRITO, 2019; SILVA, 2014).

Dessa maneira, é imprescindível a reflexão por alternativas para Habitações de Interesse Social que possibilitem a independência construtiva, por meio da autoconstrução em técnicas mais simples para execução, eficientes, em um processo de construção ágil, com a utilização dos materiais disponíveis nas localidades, menor custo, acessíveis e com planejamento sustentável sem perder qualidade de conforto ambiental, acústico e térmico, promovendo a possibilidade de acesso à moradia para as comunidades de baixa renda como ferramenta de fortalecimento. Portanto, com esse propósito e as demais informações abordadas, surgem os seguintes questionamentos: ao contrário do que é difundido

socialmente, a técnica mista de construção com terra - taipa de mão - pode possuir qualidade construtiva, tendo em vista o processo de autoconstrução? De que maneira a técnica pode ser aplicada em um projeto arquitetônico para uma habitação de interesse social com viés sustentável?

O objetivo geral deste trabalho trata-se de elaborar uma proposta arquitetônica com viés sustentável com a técnica construtiva da taipa de mão para uma família de baixa renda localizada na zona rural do Recôncavo baiano. A escolha dessa região deu-se pela dificuldade de acesso aos programas habitacionais, pela disposição dos materiais, pelas condições ambientais favoráveis e por tal técnica ainda constituir a cultura local. Dessa forma, aplica-se o estudo realizado e a construção vernacular para a perspectiva técnica e formal.

O objetivo específico é essencial para o desenvolvimento da proposta ao analisar, por meio das contribuições empíricas - sabedorias populares - e científicas, as possibilidades no processo construtivo, vantagens e desvantagens da técnica da taipa de mão e sua aplicação para autoconstrução de baixo custo, para que dessa forma seja compreendido o seu surgimento, origem dos preconceitos, o seu real potencial e, se for possível, compreender como contornar suas possíveis desvantagens. A taipa de mão e as construções sustentáveis foram definidas pelo interesse da pesquisadora em construções naturais que respeitem e valorizem a diversidade cultural regional e as condições ambientais.

Essa pesquisa se caracteriza como explicativa, pois além de registrar e analisar, visa expor o assunto, explicando os motivos e processos por trás da temática. A abordagem utilizada foi qualitativa, fundamental na interpretação e para o alcance dos resultados, estruturando os dados coletados para investigar e definir alternativas coerentes com o embasamento no estudo. Para a constituição do embasamento teórico, foi realizada a pesquisa bibliográfica e documental, desenvolvida por meio do levantamento de livros e manuais, cartilhas, artigos e teses. A pesquisa documental foi realizada a partir das normais climatológicas, leis, programas governamentais e normas, foram pesquisados os seguintes temas: sustentabilidade, sustentabilidade na construção civil, construções naturais e vernaculares, construções sustentáveis, taipa de mão, habitação de interesse social na zona rural e autoconstrução de habitações de interesse social.

Além disso, por meio das atividades práticas, a visita técnica, entrevista com bioconstrutor, participação na execução da tipologia construtiva e maquete, ambas ampliaram o conhecimento sobre a relevância dos procedimentos construtivos e o repertório criativo,

conhecimentos que anteriormente estavam limitados ao âmbito teórico. As atividades citadas levam a compreensão do objetivo específico e o alcance do objetivo geral: a produção da proposta habitacional do projeto arquitetônico.

Acredita-se que com a elaboração de pesquisas e aplicações dentro da lógica formal e científica, seja possível colaborar para fortalecer a valorização, no incentivo da ressignificação de técnicas tão presentes nas práticas ancestrais, mas que foram desvalorizadas com o passar do tempo e surgimento de novos produtos advindos de processos industriais, de exploração e poluição ambiental. A terra, diferente de materiais industrializados, não possui validade e assim como os outros materiais naturais possui diversas qualidades que são ignoradas ao se observar o modelo insalubre que constitui o imaginário coletivo, os quais são resultantes de falhas nas práticas construtivas. Esta pesquisa possibilita o exercício de conteúdos coerentes com a preservação da natureza e uma consciência sustentável, o que ao longo da formação técnica não pode ser explorado devido ao enfoque na construção convencional.

## **2 HABITAÇÃO PARA POPULAÇÃO DE BAIXA RENDA NO AMBIENTE RURAL**

O espaço rural abriga diversos significados culturais e religiosos para as comunidades tradicionais e para a sociedade, um espaço que abriga a diversidade de fauna e flora, de produção de alimento e insumos para economia, além de que para os seus residentes representa moradia, lazer e trabalho/subsistência. Geralmente, o ambiente rural é considerado como uma região sem infraestrutura, estática, defasada, carente de serviços e de cidadania. Entretanto, o ambiente rural é constantemente transformado, recentemente observa-se o crescimento de inovações que buscam associar a preservação ambiental com a produção orgânica - como a agricultura sintrópica, agrofloresta, permacultura -, o incentivo de práticas culturais, assim como conquista de terras para as comunidades indígenas e quilombolas. Assim como, movimentos caracterizados pela superprodução, como na denominada “Revolução Verde” em 1960, caracterizada pelo incentivo à indústria, uso excessivo e indiscriminado de produtos químicos.

Ambas transformações citadas constituem o processo histórico de transformação da relação humana com a terra. No caso específico do avanço da industrialização, resulta na redução da mão de obra local, a qual é substituída por máquinas, precarizando a condição de vida dos trabalhadores (SILVA, 2014). As constantes transformações tecnológicas e econômicas impulsionaram uma série de alterações no estilo de vida e da vulnerabilidade das comunidades, nas quais afetam principalmente a população de baixa renda.

A condição desigual de desenvolvimento gera consequências para o alcance das necessidades básicas para qualidade de vida, o que leva a reflexão sobre as condições de moradia para essas comunidades. A Habitação Rural se configura não somente como direito fundamental humano, mas como promotora do desenvolvimento local, qualidade de vida, autoestima e, conseqüentemente, colabora para o avanço das atividades que são realizadas. Nesse âmbito, a habitação para população de baixa renda se refere às habitações de interesse social com a ênfase na definição de faixa de renda da população que será destinada às alternativas desenvolvidas (SANTANA, 2016; SILVA, 2014).

Tal precarização e vulnerabilidade incentiva a migração das comunidades para zonas urbanas na busca de melhores condições de vida, o que não modifica a realidade complexa existente no campo. A dificuldade financeira, juntamente com o desenvolvimento desigual urbano, resulta na necessidade de moradias de baixo custo, o que sem os devidos

conhecimentos técnicos, ocasiona nas ocupações irregulares - se tornam as únicas opções - sem as condições necessárias de energia elétrica, saneamento e segurança, resultando em cortiços, autoconstruções precárias em periferias, construções em zonas de risco como encostas e manguezais, mas ainda que de maneira vulnerável, é uma alternativa que permite a inserção dos trabalhadores nas cidades (CAMPOS, 2017).

Para a parcela da comunidade que continua no campo, a realidade não se modifica. As construções tradicionais com materiais naturais, sem o devido conhecimento e a execução adequada de todas as etapas construtivas, geram habitações precárias que as levam a constituir parte do déficit habitacional nacional:

O Nordeste ocupou a primeira posição do déficit habitacional rural no país no período em análise, variando de 2011 a 2014 entre 68,30%, 70,22%, 68,11% e 67,94% do total, finalizando, em 2014, uma carência de 752.810 unidades de moradias. A Bahia esteve em segundo lugar, durante todo o período, quanto ao percentual total da região, apresentando os percentuais de 18,28%, 18,34%, 19,56% e 16,63%, respectivamente, sendo superada apenas pelo estado do Maranhão. Tanto na região quanto no estado, as habitações precárias constituem o componente de maior peso relativo da composição do déficit habitacional rural. (IBGE *apud* VIEIRA, 2017, p. 26)

Ou seja, o déficit habitacional envolve tanto a carência direta de moradia, quanto a existência de residências que não dispõem da condição para suprir os serviços básicos, como: iluminação elétrica, abastecimento de água, esgotamento sanitário e coleta de lixo, nesse caso é fundamental que sejam realizadas reformas e adequações para execução desses serviços. Essa condição motivou a criação de políticas públicas como alternativas para beneficiar a população, porém, infelizmente, a execução e planejamento não ocorre facilmente devido à desvalorização do espaço rural e aos conflitos entre os sujeitos do ambiente rural, como pode ser observado por indivíduos que representam o agronegócio - produção intensiva e de escala, indústria e grandes extensões de terra - e a agricultura familiar - população de menor renda, mão de obra familiar, gestão direta, relações socioculturais e econômicas locais e regionais -. Observa-se investimentos com enfoque em cidades mais desenvolvidas e nas comunidades com maior relevância financeira, aprofunda-se a desigualdade, a dominação do agronegócio e as políticas direcionadas ao mesmo, em detrimento e apagamento das outras populações com menor renda, as quais não podem ter acesso pelas vias de mercado e que dependem em maior nível de ações do poder público (SILVA, 2014).

## 2.1. Ações governamentais

O arcabouço Internacional - como a Declaração Universal dos Direitos Humanos da Organização das Nações Unidas, Agenda 21 sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (1992) e a Agenda Habitat (1996) - protegem o direito universal à moradia como um dos direitos essenciais para a vida das pessoas, como promotora da liberdade individual, segurança e autoestima, o qual deve ser reconhecido, protegido e efetivado através de políticas públicas específicas. No Brasil, o surgimento da Lei da Habitação nº 4.380/1964 que deu origem ao Banco Nacional da Habitação - BNH - e aos planejamentos para habitações de Interesse Social, é a primeira que inclui alguma referência à habitação rural e não apenas à propriedade da Terra. Após décadas, a Lei nº 8.171/1991 destina um capítulo para as moradias rurais, com investimentos para construção, recuperação, financiamento, incentivo fiscal, mas ainda sem auxiliar e colaborar efetivamente com as populações de menor renda. Entre os programas desenvolvidos, o Programa Carta Crédito Individual direcionava apenas 6,2% dos recursos disponíveis para as famílias da faixa de renda com até 3 salários mínimos, ou seja, mais de 90% dos recursos eram direcionados para comunidades de renda superior, sem priorizar a faixa de renda com maior dificuldade de acesso à moradia e demais direitos (SILVA, 2014).

Em 2000, um convênio entre a Caixa Econômica Federal (CEF) e o Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) viabiliza construções nos assentamentos da Reforma Agrária. Em seguida, em 2003, o Governo Federal iniciou o Programa Nacional de Habitação Rural (PNHR), tal iniciativa visava atender famílias com renda entre 1 a 3 salários mínimos, mas apesar 17 mil contratos beneficiando as famílias do meio rural, mais de 63% das famílias inscritas não foram contempladas, demonstrando a grande demanda e a importância de tais ações para as famílias rurais de baixa renda. O surgimento de novas portarias e modificações, em 2009, deram início ao Programa Minha Casa, Minha Vida (PMCMV) e o PNHR se torna um dos seus subprogramas o Programa Minha Casa, Minha Vida Rural (PMCMVR), em primeira meta objetivou a construção de 1 milhão de habitações e na segunda meta 2 milhões, com 60% destinado para as famílias da faixa de renda mais baixa. Para as alternativas rurais poderiam ser executadas construções em mutirão assistido - mobilização da comunidade para auxílio gratuito -, autoconstrução assistida, administração direta, todas com acompanhamento de profissionais, também poderiam incluir outras iniciativas como Programa Cisternas e o atendimento prioritário às famílias como as quais

tivessem mulheres responsáveis responsáveis pela unidade familiar, pessoas com deficiência e comunidades tradicionais (SILVA, 2014).

Em janeiro de 2021, pela lei nº 14.118 foi instaurado pelo Governo Federal o Programa Casa Verde e Amarela (PCVA) em substituição ao PMCMV. Segundo Melo (2021), não houve grandes diferenças entre os Programas - taxas de juros, divisão da faixa de renda, regularização fundiária -, ambos com a finalidade de estimular a atividade econômica, geração de trabalho e de renda, reduzir o déficit habitacional e elevar a qualidade de vida da população urbana e rural. Apesar de serem iniciativas positivas e gerarem resultados quantificáveis, observam-se diversas críticas para atendimento aos programas apresentados, entre eles estão: a burocracia envolvida, valores de caução como garantia, o pagamento do investimento no financiamento, taxas de juros, padronização dos conjuntos, sem a qualidade arquitetônica, materiais convencionais e não de baixo custo - sem preocupações ambientais com as alternativas construtivas e os materiais industrializados utilizados -, condições mínimas de acessibilidade, além da grande demanda existente que resulta em filas de espera (VIEIRA, 2017; SILVA, 2014).

Retomando à padronização das habitações, são criados modelos que não são adequados a todas as famílias e desvinculadas de cada cultura local, de acordo com Campos (2017, p.15) “[...] devido às grandes escalas dos empreendimentos, os usuários não participam do processo criativo de sua residência e lhes é imposta uma padronização de tipologia arquitetônica.” Esse contexto de modelos preestabelecidos, pode motivar modificações ou reformas para adequação da moradia à condições específicas da dinâmica familiar, porém muitas vezes sem o amparo legal e de profissionais formados, aplicadas em autoconstruções que se tornam uma ferramenta para alcance da moradia de acordo com as reais necessidades dos moradores e em equilíbrio com o investimento possível, situação comum tanto no ambiente urbano quanto no rural.

## **2.2. Autoconstrução e Lei nº 11.888/2008**

A modalidade da autoconstrução, sem relação com os programas habitacionais, é autônoma e visa reduzir os custos com agentes intermediários, normalmente incluindo lotes pequenos, poucas ferramentas ou máquinas, baixa disponibilidade de tempo e dinheiro, mão de obra não especializada e sem orientação adequada de profissionais da área de construção

civil (CAMPOS, 2017), características que se alinham às comunidades de baixa renda. Campos realizou entrevistas com moradores de habitações nessa condição e enfatiza que apesar da falta de conhecimento das competências de um profissional da área, os entrevistados reconhecem a importância da orientação profissional na organização do orçamento, cronograma, quantidade de materiais, minimizando atrasos e patologias construtivas - falta de ventilação, umidade, fissuras, infiltração -, principalmente para materiais industrializados e não intuitivos.

O conhecimento e relevância da volumosa aplicação de autoconstruções possibilitou a implementação da Lei nº 11.888/2008, a qual assegura, às famílias de baixa renda, assistência técnica pública e gratuita para o projeto e a construção de habitação de interesse social (LATHIS), como parte integrante do direito social à moradia - como previsto no art. 6º da Constituição Federal (BRASIL, 1988) -, dessa maneira alterando a Lei nº 11.124/2005, as famílias com renda mensal de até três salários mínimos, residentes em áreas urbanas ou rurais, têm o direito à assistência técnica que a lei se refere. A lei abrange os serviços de projeto, acompanhamento, execução para construção, reformas, ampliações ou regularização fundiária. Servidores públicos da União, Estado, Distrito Federal ou Município; Integrantes de organizações não-governamentais sem fins lucrativos e profissionais autônomos são alguns dos trabalhadores da área que podem atuar na LATHIS, todos os serviços de assistência técnica realizados são custeados por fundos federais específicos, o que depende de maior regulamentação. Vale ressaltar que a Universidade Federal da Bahia - UFBA -, pelo programa de residência Arquitetura, Urbanismo e Engenharia (Residência AU+E/UFBA), realiza a capacitação para atuação conforme a lei. Outra ação importante, foi realizada pela Prefeitura de Salvador por meio do atendimento na elaboração de projetos e entre os problemas encontrados, a maior parte se refere a regularização fundiária (CAMPOS, 2017).

A lei propicia uma ressignificação para autoconstruções, projetos que anteriormente teriam carência no planejamento, projeto, escolha de técnica construtiva e aquisição de materiais, podem ser ofertados projetos que incluam alternativas além de técnicas convencionais, com planejamento para redução de custos e desperdício. Os conhecimentos técnicos podem evitar a ocupação de áreas de risco e de interesse ambiental; otimizar e qualificar o uso e o aproveitamento da edificação e de seu entorno; condições de conforto, segurança e bem-estar, uma qualidade superior às habitações precárias. Entretanto, assim como para os programas habitacionais, e como citado anteriormente sobre a LATHIS, muitas

residências populares se encontram em áreas ocupadas e sem a regulamentação, o que gera uma série de problemas e empecilhos para a implementação da Lei, somado a grande demanda e a necessidade dos recursos federais para custeio (CAMPOS, 2017).

Mesmo que dentro dos padrões da faixa de renda, os indivíduos que estão em longas filas de espera ou com empecilhos que não viabilizam a efetivação do acesso às políticas públicas acabam por buscar outros caminhos para alcance da sua autonomia, o que direciona novamente a reflexão para a autoconstrução. Esse caso, abarca a maioria das construções encontradas em favelas e periferias, de maneira intuitiva, empírica e com orientações indiretas dos que compartilham de algum tipo de conhecimento na técnica construtiva escolhida. No meio rural, muitas práticas com construções vernaculares estão conservadas e são vigentes, as quais podem ser aprimoradas conhecendo as condições de clima, alternativas sustentáveis e de proteção ambiental, bioclimatologia, ventilação, iluminação e aquecimento natural - reduzindo o consumo de energia -, materiais não tóxicos, condições que favorecem a subsistência, além de que o acesso à informação e autonomia garante que a comunidade possa se desenvolver sem depender de ações externas que não conhecem as suas demandas, enquanto o programas e leis ainda não conseguem suprir.

Programas que viabilizassem a autoconstrução em técnicas construtivas tradicionais de forma aperfeiçoada significariam uma independência construtiva, permitindo atender verdadeiramente às inúmeras necessidades que abrangem a tipologia da habitação, desencadeando o fim da participação desses atores no jogo do lucro dos dominantes. (VIEIRA, 2017, p. 256 )

A autoconstrução aperfeiçoada, para além da redução de custo com mão de obra, possibilita a originalidade do projeto - como suporte às atividades produtivas e demais funções necessárias para a moradia -, a valorização de técnicas construtivas conectadas à cultura local por meio da implementação com materiais naturais e reciclados disponíveis localmente, resultando em uma habitação de baixo custo. As melhores condições de moradia e acesso aos demais serviços básicos, valorizam a autoestima e incentivam a legalidade, proteção e preservação da natureza.

### 3 CONSTRUÇÃO CIVIL E SUSTENTABILIDADE

Os processos históricos como a Revolução Industrial, o processamento de matérias-primas - o aço e o cimento como aglomerante artificial -, a produção em massa, novas características e preços mais acessíveis à população, ocasionaram na troca entre as tecnologias manuais para produção automatizada e industrializada, o qual se desenvolve em uma crescente com inovações e novas necessidades de consumo. Atrelado à lógica de consumo e lucro capitalista que corrobora com a produção industrial em massa, o desperdício e a produção de resíduos, o que gera a acumulação de capital para pequenas parcelas da população e acentua as desigualdades relacionadas à condição de consumo, ao direcionamento da renda e seu status social, um sistema que prioriza a dimensão econômica em detrimento do viés cultural, social e ambiental (PINHO, 2018).

A produção e o consumo representam a forma de pensar e as preocupações - ou a ausência delas - de uma época na sociedade (FERREIRA, 2015), a produção industrial gerou grandes inovações e transformações positivas para a realidade, como no transporte, aquisição de bens e menor custo, em contraponto, há a acumulação de lixo tóxicos, descartes incorretos, exploração de recursos naturais limitados, liberação de gases para atmosfera e produção de diversas matérias que não se reintegram à natureza. Como citado no estudo de Rezende *et al* (2017), a compreensão antropocentrista - o ser humano no centro de todas as coisas -, a perspectiva do planeta Terra como o fornecedor dos recursos ilimitados, além da lógica de que não haveria avanço sem poluição, e que no futuro próximo, haveria uma tecnologia para reverter tal quadro de deterioração, definem a situação de degradação e desequilíbrio ambiental atual, afetando os ecossistemas, a existência, a saúde e bem-estar de todos os seres.

#### 3.1. Construção convencional e impactos ambientais

No processo onde situam-se as construções convencionais com elementos, como: aço, cimento, concreto e gesso, as quais implicam em cerca de 50% do consumo de recursos naturais, no Brasil essa taxa aumenta para 75%; 16% da água potável; 40% da energia; representando 25% das emissões totais de gases que geram o efeito estufa (CARVALHO e LOPES, 2012; CORDEIRO *et al*, 2019).

Durante os últimos 100 anos, foram desmatadas 20% das florestas do planeta e o nível de CO<sub>2</sub> na atmosfera aumentou em 27%, com 1/4 proveniente das queimas de combustíveis fósseis para a construção. Ademais, o contato com os diversos compostos químicos e industrializados podem gerar, por exemplo: irritações da pele, dos olhos e de vias respiratórias; dores de cabeça e mal-estar generalizado; assim como, distúrbios do sistema nervoso, perturbações de atenção, concentração e da fala, stress e ansiedade (SANTANA, 2016). Vale salientar que tais porcentagens não apontam as embalagens dos materiais, os acessórios de equipamentos e os resíduos produzidos pelos trabalhadores durante as obras e demais itens para garantir a efetivação da construção.

O desgaste ambiental não se limita à produção dos materiais e como resultado de construções convencionais, há os resíduos da construção Civil (RCC) que referem-se aos materiais restantes das atividades da construção civil sejam obras de reforma, reparo, construção ou desconstrução incluindo todo o tipo de obra (Figura 1), desde os Programas habitacionais até autoconstruções. Reconhecendo a necessidade de ações para redução dos impactos ambientais, por questões como o significativo percentual de RCC produzidos nas áreas urbanas e pela disposição inadequada, foi desenvolvida a Resolução n° 307/2002 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) e suas alterações recentes, no qual são estabelecidas as diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos oriundos da construção civil (BRASIL, 2002). Em concordância com tal resolução, os resíduos são divididos em quatro classes:

- Classe A: são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados para construção, inclui, por exemplo, solos de terraplanagem, componentes cerâmicos, argamassa, concreto peças pré-moldadas em concreto;
- Classe B: são definidos como os resíduos recicláveis para outras destinações, como os plásticos, papelão, metais, vidros, madeiras e gesso;
- Classe C: são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação, como a massa de vidro e o saco do cimento;

- Classe D: são classificados os resíduos perigosos, por características como inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade, o que inclui, por exemplo, tintas, solventes, óleos, amianto e resíduos de clínicas radiológicas.

**Figura 1 - Disposição irregular de RCC**



Fonte: <https://www.aparecida.go.gov.br/>

Conforme os apontamentos de Pinho (2018), na Europa, os resíduos inertes - passíveis de reciclagem, classe A e B - representam 90% dos RCC, considerando os descartes incorretos e ilegais, os valores podem ainda ser mais elevados. Em 2012, os 28 estados membros da União Europeia geraram aproximadamente 830 milhões de toneladas de RCC. Ao desconsiderar resíduos de solo e dragagem, esse valor se torna 351 milhões de toneladas, sendo 315 milhões resíduos inertes e os outros 36 milhões de toneladas compostos por resíduos perigosos - nocivos à saúde, classe D - e por não perigosos e não inertes. A autora ainda aborda que a gestão de Resíduos Sólidos é o serviço mais importante e uma má gestão resulta em emissão de gases, poluição e problemas relacionados à saúde e a economia, além de representar falhas de planejamento que podem ser reproduzidos em outras áreas, como transporte ou educação.

Já no Brasil, o panorama disponibilizado pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2020) apresenta dados que em 2019 a produção de Resíduos Sólidos Urbanos foi de 79 milhões de toneladas, registrando um aumento de 10 milhões de toneladas entre 2010 e 2019, e cerca de 44,5 milhões de toneladas, ou seja, mais da metade constituído por resíduos provenientes de atividades da construção civil. Para Gomes *et al* (2021), os resíduos mais encontrados nos canteiros são os concretos,

argamassas, o gesso - por conta do desperdício na produção de massas - e materiais cerâmicos, compreendendo cerca de 90% dos resíduos de obras.

Essa situação pode ser gerada por uma série de fatores, desde a informalidade, de perdas durante o transporte, falta de fiscalização de supervisores, falta/falha de comunicação e desinformação dos colaboradores, acarretando consequências negativas para os setores ambientais ao aumentar a produção de resíduos que poderiam ser evitados e que podem se encontrar na Classe C, ainda não passíveis de aproveitamento; sociais devido ao retrabalho, problemas de limpeza pública; e econômicos por prejuízos com o desperdício de tempo e material, assim como para direcionamento dos resíduos.

### **3.2. Resíduos passíveis de reutilização na construção**

Além dos “entulhos” - RCC -, há uma grande parcela de resíduos ocupados por outros materiais, como plásticos, vidros e pneus. No caso dos plásticos, os polímeros naturais - resinas e gorduras - eram utilizados pelos egípcios e romanos desde a Antiguidade e ao longo dos séculos foram desenvolvidos os polímeros sintéticos - pela celulose, petróleo e outros combustíveis fósseis - alcançando resistência, leveza e plasticidade, o que tornou o plástico extremamente útil, sendo uma ferramenta relevante no estilo de vida atual e um dos resíduos definidos como classe B da resolução 307/2002 do CONAMA.

A versatilidade e comum utilização do material, são encontradas diversas embalagens de praticamente uso único, o que ocasiona no aumento constante da produção e cerca de 8 milhões de toneladas de plásticos são direcionados aos oceanos a cada ano - equivale a um caminhão de lixo por minuto - (Figura 2). Com a continuidade de tal situação é possível o valor quadruplicar até 2050 e estima-se que sejam encontrados mais de 150 milhões de toneladas de plásticos no oceano atualmente. Apesar das vantagens conquistadas com esse material, os seus impactos em seu pós-uso levantam grande preocupação, sua decomposição pode ser indefinida ou depender, de ao menos, mais de 400 anos, podendo ocasionar contaminação do solo e água com microplásticos e substâncias químicas. Segundo as taxas globais de reciclagem, o plástico é muito menos reutilizado que o papel e aço, por exemplo (PINHO, 2018), apesar de que poderia ser reutilizado dentro da construção civil, como por exemplo, em alvenarias de garrafas PET - polietileno tereftalato -, isolamento térmico e lã de PET (REZENDE *et al*, 2017).

**Figura 2 - Resultado da disposição de lixo no mar**

Fonte: <https://www.bbc.com/>

O vidro é um material cristalino e impermeável amplamente utilizado em esquadrias, embalagens, acessórios e decoração, possui sua origem a cerca de quatro mil anos atrás, seu surgimento poderia ter sido ocasionado por fogueiras na areia acendidas pelos fenícios e em uma composição que favoreceu a redução do ponto de fusão criando uma condição favorável para facilitar a transformação do material. A durabilidade desse material é indeterminada, mas acredita-se que seja necessário mais de quatro mil anos para sua decomposição, o que classifica o seu acúmulo como uma problemática. Atualmente, as embalagens de garrafas variam em função da espessura das paredes do recipiente, coloração e tamanho, mas podem ser totalmente classificadas e o material é 100% reciclável sem perder sua qualidade, algumas aplicações impedem sua reciclagem, como no caso de embalagens de medicamentos (VILLELA, 2006). Para o reaproveitamento deve ser separado corretamente e possuir um planejamento para reciclagem, assim como novas alternativas que possibilitem um reaproveitamento seguro, com menores custos, sem queima de combustíveis, vapores tóxicos e estratégias mais atrativas economicamente.

Como outro exemplo de resíduo há o pneu, é composto por uma série de materiais - como metais e aditivos - que, juntamente com a borracha, garantem sua estabilidade, e vale salientar que para sua total decomposição é preciso mais de 600 anos. O contato com água e solo não causam riscos de contaminação, mas seu acúmulo pode gerar um ambiente favorável a vetores capazes de transmitir doenças e quando submetido ao processo de incineração implica em gases e compostos orgânicos perigosos à saúde, causando danos ambientais para o solo e à fauna. A crescente multiplicação de aterros de pneus demonstra a necessidade de alternativas de reutilização e reciclagem, com a separação de componentes - aço e a borracha - e também nas construções, pode configurar uma estrutura segura para habitações de um a dois andares, fundações, pisos para parques, telhas, escadas e outros (PINHO, 2018).

Os RCC e demais resíduos citados, além da poluição e problemática relacionada ao tratamento pós uso e desperdício, causam a acumulação e o crescimento de aterros para materiais não biodegradáveis, assim como a existência de componentes prejudiciais à saúde e possíveis contaminantes para o solo e seres vivos. Quando não direcionados em locais adequados, pode-se citar a geração da poluição visual, vetores de doenças, comprometimento de áreas verdes e prejudicam a circulação e a drenagem. Na região Nordeste do Brasil, verifica-se que somente as grandes capitais possuem aterros sanitários e/ou controlados, a grande maioria dos municípios utilizam vazadouros ou “lixões”, os quais são inapropriados e a legislação em vigor - Lei 12.305/2010 -, que impõe a necessidade de ao menos aterros sanitários, controlados ou energéticos (GOMES *et al*, 2021), assim como incentiva a coleta seletiva, compostagem e disposição adequada de rejeitos. A destinação para “lixões”, como são conhecidos popularmente, são locais onde não há o controle, direcionamento e separação, sem possibilidades adequadas de aproveitamento, acarretando em um ambiente insalubre, principalmente para as populações que tentam retirar seu sustento da comercialização de materiais recicláveis encontrados nestes locais.

Como citado anteriormente, a Resolução nº 307/2002 do CONAMA e a Política Nacional de Resíduos Sólidos Lei nº 12.350/2010 - PNRS - são extremamente relevantes para compreender as bases legislativas do Brasil em relação aos resíduos produzidos e se apresentam como estratégias para a manutenção do equilíbrio ecológico nas atividades. Ambas estabelecem princípios que deveriam nortear a produção, consumo e destinação dos produtos, a Resolução nº 307 aborda especificamente a gestão de resíduos da construção civil e a PNRS de resíduos em geral. Como um dos objetivos prioritários comuns, há a não geração de resíduos e, caso não seja possível, sua redução, reutilização, reciclagem e disposição adequada dos rejeitos, este último deve ser minimizado ao máximo tendo em vista que não poderá ser reaproveitado.

Principalmente para os resíduos de classe C e D gerados em construções convencionais e sem uma mão de obra que se preocupe com sustentabilidade, se torna mais simples não se gerar resíduos, como, por exemplo, ao sugerir a troca de insumos convencionais por materiais naturais, reduzindo em materiais biodegradáveis, não contaminantes e não tóxicos. A Resolução baseia-se na gestão integrada, a gestão dos resíduos deve ser alinhada às dimensões da sustentabilidade, política, cultura, social, ambiental e econômica, análise das etapas do ciclo de vida do produto - matéria-prima, produção,

durabilidade e destinação, por exemplo -, a proibição da disposição indevida, a responsabilidade compartilhada para os geradores e demais envolvidos e a logística reversa, os quais devem ser definidos nos Planos nacionais, estaduais e municipais de resíduos sólidos.

Com essas informações e dados, observa-se que apesar as legislações e políticas nacionais e das estratégias estabelecidas em conferências e reuniões internacionais - relatório de Brundtland, Rio+20, Mecanismos de Desenvolvimento limpo, mercado de Carbono - que reconhecem a não capacidade do planeta em corresponder com a continuidade dessas práticas e apesar da disposição de ferramentas para sua modificação, a produção e modelo linear de consumo ainda contradizem tal conclusão com a crescente produção, acúmulo e sem solução para tratamento de diversos rejeitos. As mudanças climáticas, crises energéticas, concentração populacional e diversos desastres naturais, em grande parte, são associados às imposições humanas no planeta os quais se agravam e necessitam de soluções que direcionam para outras alternativas, como os processos sugeridos pela sustentabilidade, que apesar de não representar a resposta ideal, significam um grande caminho de avanço.

### **3.3. Sustentabilidade**

A Sustentabilidade é um termo bem amplo que relaciona a capacidade das sociedades se sustentarem e se manterem, de maneira que sejam executadas atividades que podem ser mantidas sem prejudicar as próximas gerações e sem que sejam esgotados os recursos do meio ambiente (MIKHAILOVA, 2004 *apud* SANTANA, 2016) - o que não soluciona a situação de exploração e extinção de espécies, mas ao menos define limites e estabelece possíveis consequências -, no caso do desenvolvimento sustentável, este estabelece os processos exercidos para o alcance da sustentabilidade. Não deve ser levado em consideração apenas os aspectos social, ambiental e econômico, mas em conjunto com o respeito e atenção à cultura local, ecologia, educação e dentre outros fatores a serem aplicados na sociedade. Possibilitando uma melhoria da qualidade de vida dos seres em equilíbrio com a capacidade dos ecossistemas e do planeta, respeitando os ciclos e processos de funcionamento que podem ser observados no meio ambiente (SILVA, 2016). Os 5 pontos primordiais para o sistema global da definição de sustentabilidade segundo (SACHS ,1993 *apud* SILVA, 2016, p. 9), são:

- a) Sustentabilidade social: prioriza uma cidade com maior equidade na distribuição de rendas e bens, reduzindo o distanciamento e as discrepâncias entre as camadas sociais.

b) Sustentabilidade econômica: informa que a eficiência econômica deveria ser medida em termos macrossociais, e não somente por meio de critérios macroeconômicos de rentabilidade empresarial.

c) Sustentabilidade ecológica: a busca pela racionalização dos recursos, e a limitação daqueles esgotáveis ou danosos ao meio ambiente, a redução do volume de resíduos e o aumento das práticas da reciclagem e da conservação de energia.

d) Sustentabilidade geográfica ou espacial: propõe uma configuração rural/urbana mais equilibrada, com a proteção da biodiversidade, a proteção dos ecossistemas frágeis.

e) Sustentabilidade cultural: Encontra-se associada as raízes endógenas, admitindo a valorização das cidades locais, do ecossistema, das transformações e a sintonia com o contexto social que permita a continuidade cultural.

Além dessas dimensões, é necessário considerar os diferentes níveis, como o regional; os recursos e demandas locais; o manejo sustentável; a extração de materiais e indústrias; assim como o nível global, somando os demais níveis. A responsabilidade da busca de soluções e ações sustentáveis, abrange a coletividade dos habitantes do planeta, desde o indivíduo, a comunidade - as diferentes gerações, classes, etnia, gênero, sexualidade -, empresas públicas e privadas, governos locais, nacionais e mundiais (PINHO, 2018), os quais devem construir e executar em conjunto para o alcance de soluções de acordo com as diferentes dimensões citadas. Tais ações não retiram o maior foco de responsabilidade e da necessidade em reduzir as práticas mais destrutivas, relacionadas aos processos industriais, desmatamento e exploração de recursos, essa cobrança depende de uma consciência coletiva na temática por meio do conhecimento. Uma abordagem superficial desse conceito traz uma perspectiva de *marketing*, como se fosse um acessório a ser agregado a um produto, rótulos e vinculações que não correspondem com os objetivos de sustentabilidade (SANTOS *et al*, 2020).

Após o ano de 2011, mais de 170% da capacidade do planeta vem sendo explorada, com a expectativa de em 2030 a demanda corresponder em ao menos o equivalente aos recursos de três planetas Terra (BARBULT, 2011, p. 418 *apud* SILVA, 2016). Os índices de degradação e de produção dos resíduos sólidos, as alternativas para alcance do equilíbrio e harmonia com a natureza não surgem como simples opções, mas sim como as únicas alternativas para a manutenção da vida humana e demais seres vivos do planeta, tendo em

vista que a exploração ilimitada dos recursos e da contaminação do ambientes gera uma problemática para todos os ecossistemas. O planejamento e desenvolvimento de uma realidade sustentável garante melhor qualidade de vida para as comunidades, a independência e capacidade local em satisfazer suas necessidades sem auxílio externo (BRASIL, 2008).

### **3.4. Sustentabilidade em habitações**

A habitação sustentável, tal como a entendemos, requer um novo olhar para o projeto e a construção. É essencial um olhar tecnológico, pelo qual se considerem os fluxos de materiais e energia, sob um enfoque de análise de ciclo de vida, que analise desde a forma como se extraem os materiais e a energia da natureza, até a destinação final dos materiais, quando da demolição ou desmonte da edificação, ao final de sua vida útil. (SATTLER, 2007, p. 74).

Vale recordar que no contexto desta pesquisa não basta somente oferecer à população programas habitacionais e uma habitação que não gere uma condição de maior independência, preservação à natureza, redução de custos e materiais, principalmente para as populações de baixa renda. Mas que o incentivo das construções e técnicas tradicionais/ancestrais garantem maior proximidade a autonomia e uma consciência voltada para atitudes alinhadas e respeitadas a condição de cada ambiente e cultura, por exemplo. E que ações educacionais que ressignifiquem as construções naturais e vernaculares são relevantes para proteção da dimensão cultural, além de que, tais técnicas construtivas, possibilitam um maior contato com tecnologias que se adaptam a região ao que se refere a clima, ventilação e a utilização de materiais locais.

As construções vernaculares, são resultado da intervenção para alcance das necessidades básicas em harmonia e consciente das condições existentes no meio ambiente, o que será marcado pelos aspectos geográficos, econômicos, sociais, históricos, culturais e das populações que as habitam (FERREIRA, 2015). O que muito se associa com o que, segundo o Curso de Bioconstrução desenvolvido pelo Ministério do Meio Ambiente (BRASIL, 2008), significa a Bioconstrução, a mesma é definida como ambientes construtivos sustentáveis por meio do uso de materiais de baixo impacto ambiental, desde a escolha da técnica de construção e os materiais adequados até a eficiência energética e o tratamento de resíduos. Adaptando a arquitetura ao clima local e a lógica de um sistema de Ciclo Fechado, onde não há resíduos. Ao retomar e aprimorar práticas tradicionais às necessidades contemporâneas,

possibilita a proximidade com os seus aspectos de eficiência no planejamento, prática construtiva, baixo custo e impacto.

Os materiais que vão compor essas construções, ao rejeitar produtos tóxicos e substâncias prejudiciais à saúde, serão majoritariamente naturais e com ciclos de vida sustentável, o que auxilia no processo de autoconstrução ao ser em geral materiais mais baratos, mais ecológicos e com técnicas de fácil execução, sem deixar de analisar o ciclo de vida, desde a fase da extração, durabilidade, eficácia na aplicação proposta até à sua devolução/decomposição ao ambiente. Como exemplo desses materiais, há as fibras vegetais que permitem produzir cabos e tecidos que são resistentes à tração; as pedras são materiais com resistência à compressão, sua durabilidade - resistência a erosão - e eficiência na construção de paredes, pilares e arcos é justificada em diversas edificações monumentais, porém não tão eficaz para resistência à tração; a madeira é resistente à compressão, à tração e à flexão, eficaz no uso em estruturas, porém deve ser tratado devido a sensibilidade à umidade, fogo e fungos; e a terra é durável, resistente, apresenta bom desempenho térmico, não deixa de adquirir resistência ao longo dos anos após a construção, porém tem fraca resistência à umidade o que pode ser melhorada ao ser associada aos outros materiais (PINHO, 2018).

Os resíduos de construção com esses materiais, em pequena escala, podem ser depositados no local de extração sem risco ambiental, diferentemente dos resíduos construtivos convencionais (CORDEIRO *et al*, 2019), além de que são biodegradáveis e podem ser inseridos novamente na natureza para o processo de degradação retornando os nutrientes para a terra. Os custos de uma bioconstrução dependem da localização, mão de obra e técnica escolhida, as quais devem ser escolhidas de acordo com a maior adaptação para a região, porém estima-se que a redução custo seja de 30% a 60% quando uma moradia com paredes de terra estabilizado com cimento substitui uma edificação convencional - com paredes de tijolo cerâmico -. O acesso à informação e ao exercício da construção com qualidade, classifica como uma boa opção para redução de custo e promoção da sustentabilidade, poupando recursos naturais e o impacto ambiental, fornecendo conhecimento técnico e qualidade de vida, a terra possibilita uma diversidade de aplicações, desde moradias simples, até palácios e fortificações, como pode ser observado nas figuras 3 e 4 (SANTANA, 2016).

**Figura 3 - Mesquita de Djenné, Mali****Figura 4 - Museu Yves Saint Laurent de Marrakech**

Fonte: Ghisleni (2020)

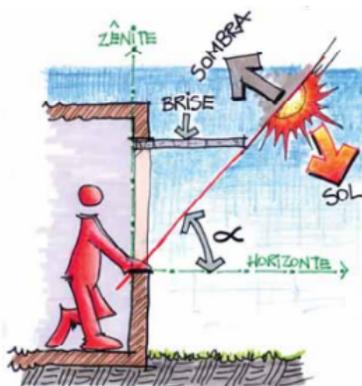
### 3.5. Intervenções construtivas que promovem sustentabilidade

Para além dos materiais que podem constituir a habitação, para um projeto arquitetônico adequado ao clima local, são imprescindíveis elementos e funções relacionados à eficiência energética - estruturas que permitam reduzir o consumo e custo com energia - e atender as condições de conforto para os usuários. Para esta demanda existe o Projeto Bioclimático ou o estudo da Bioclimatologia, que busca compreender as relações entre as condições de clima e os seres vivos aproveitando as características do clima que são desejáveis e evitando as indesejáveis. As informações obtidas neste estudo permitem ao projetista oferecer um esquema que propicie um bom desempenho térmico - por alternativas naturais ou artificiais, para este trabalho são desejadas as alternativas naturais para evitar custos com equipamentos e mão de obra especializada. Pode-se incorporar questões abordadas por Duarte (2016) e Lamberts *et al* (2014), tais como:

- Conforto Ambiental - é definido pelas condições ambientais que favorecem os sentimentos de conforto térmico, quando as trocas de calor com o corpo forem nulas e a temperatura da pele e suor estão nos limites adequados; o conforto visual é atingido quando a iluminação é direcionada adequadamente, com intensidade suficiente para desenvolver as tarefas visuais com menor esforço, menor risco de acidentes e de prejudicar a visão, além do conforto acústico, antropométrico, olfativo e a garantia de qualidade do ar.

○ Sombreamento - se classifica como as proteções solares, como brises (Figura 5), venezianas, sacadas, persianas e o uso de vegetação, com a orientação adequada de maneira que impeça a entrada de raios solares no interior do ambiente. Essa é a estratégia mais importante para o Brasil, devido a temperaturas elevadas na maior parte do território e durante a maior parte do ano.

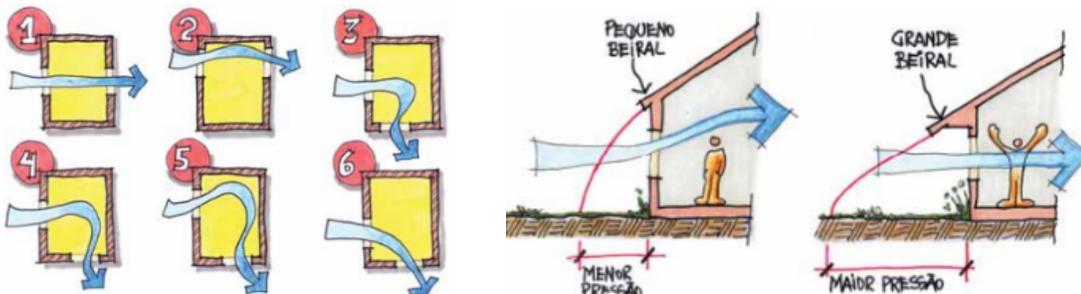
**Figura 5 - Funcionamento de Proteção solar**



Fonte: Lamberts *et al* (2014, p.132)

○ Ventilação - depois do sombreamento, é a segunda estratégia bioclimática mais importante para o país. A ventilação é responsável por manter o ambiente livre de impurezas e odores indesejáveis, remove o excesso de calor interno, resfria a estrutura da edificação e remove o excesso de vapor de água. Nas estações do ano, essa estratégia é priorizada de diferentes formas, no inverno a necessidade principal é pela questão higiênica, já no verão diz respeito às questões térmicas e higiênicas. Como aproveitamento do ambiente e das condições naturais, na edificação podem ser propostos a ventilação cruzada, a ventilação da cobertura e a ventilação do piso sob a edificação. Em climas quentes e úmidos, a ação dos ventos na cidade é benéfica para promover o conforto térmico.

**Figura 6 - Representação da ventilação cruzada**      **Figura 7 - Influência do beiral na ventilação**



Fonte: Lamberts *et al* (2014, p.185 e 187)

- Resfriamento Evaporativo/Umidificação - é utilizado para aumentar a umidade relativa do ar e também diminuir a sua temperatura, desde recipientes com água no ambiente interno até os pátios árabes (Figura 8), são aplicações dessa estratégia;

**Figura 8 - Pátio árabe**



Fonte: <https://www.archdaily.com.br>

- Inércia térmica - essa capacidade presente em alguns componentes possibilita com que a amplitude da temperatura interior diminua em relação ao exterior, evitando picos e a condição de temperatura verificada externamente. Permite o atraso da onda de calor fazendo com que este calor incida no ambiente interno apenas no período da noite, quando existe a necessidade de aquecimento - principalmente nas regiões de clima quente e seco, no qual a temperatura reduz muito durante a noite -. As paredes com inércia e ainda sombreadas proporcionam resfriamento no ambiente e isolamento térmico, mas também podem fornecer o aquecimento solar passivo a depender da necessidade;

○ Construção: elementos e alternativas - Assim como no caso anterior, a escolha dos componentes construtivos - materiais escolhidos para paredes, cobertura e as suas cores, por exemplo - vão afetar na qualidade final da estratégia, o que pode gerar problemas térmicos, acústicos e econômicos. Os diferentes tipos de elementos vão se comportar termicamente em função de suas propriedades: o concreto terá comportamento diferente da madeira - o material industrializado colabora para o fenômeno da ilha de calor pelo armazenamento de calor -; as tintas de cores escuras absorvem mais calor e transmitem mais aquecimento para dentro; modelos arquitetônicos como as aberturas zenitais também vão interferir aprimorando o aquecimento. Outro bom exemplo, são as superfícies envidraçadas, o material transparente permite a iluminação natural do espaço interior e estabelece uma conexão visual com o exterior, porém parte da energia solar passa por transparência ao interior do local, é absorvida e refletida pelos móveis e paredes causando um aquecimento solar passivo. As alternativas devem ser planejadas de maneira que aproveitem as condições ambientais, mas evitem questões indesejáveis, como nesse caso, o aquecimento da edificação.

○ Iluminação - para alcançar o conforto visual é necessário uma boa iluminação, o conforto com equipamentos artificial é mais simples, mas não são acessíveis pelo aumento dos gastos, manutenção e consumo de energia, a iluminação artificial deve ser planejada em conjunto, mas o grande diferencial está no bom projeto de iluminação natural - analisando distribuição espacial, suas cores e orientação - e como complemento os equipamentos artificiais. A luz natural em janelas, por exemplo, é considerada mais desejável que a artificial pela redução de tensão com o estímulo visual externo. O emprego da luz natural vai permitir maior tolerância à variação do nível de iluminação ou iluminância, mas ainda é necessário se atentar a boa distribuição, contrastes adequados, bom padrão e direção de sombras, ausência de ofuscamento e podem ser aplicadas mansardas, aberturas zenitais (Figura 9), poço de luz e domos, como citado anteriormente, é necessário se atentar ao aquecimento que a alternativa pode gerar.

**Figura 9 - Tipos de iluminação natural**



Fonte: Lamberts *et al* (2014, p.159)

- Eficiência energética - um edifício é considerado mais eficiente que outro semelhante quando proporciona as mesmas condições ambientais ou melhores com um menor consumo de energia. É um atributo da edificação que tem o potencial de conforto térmico, visual e acústico aos usuários com baixo consumo de energia, é necessário considerar também as lâmpadas e eletrodomésticos com selos de menor consumo de energia.

- Vegetação - A presença abundante de plantas exerce muitos efeitos benéficos pode colaborar para reduzir o estresse, contribuir para a saúde física, melhorar o conforto, desempenho e produtividade, para isso devem ser inseridas ou mantidas de maneira ecologicamente conectadas, espécies nativas e com ambientes propícios para o seu desenvolvimento (KELLERT e CALABRESE, 2015). Com a evapotranspiração da vegetação, constitui-se uma das formas diretas de resfriamento evaporativo - em ambientes com pavimentação excessiva e desmatamento, acarretam na redução da umidade relativa do ar -. O resfriamento do ambiente também pode ser aprimorado com o sombreamento pelas plantas e árvores - o que pode acabar impedindo a iluminação natural -, a parcela de calor que é emitida para o solo é bem menor do que a céu aberto, além de que o movimento do ar entre as folhas retira grande parte do calor. A vegetação interfere na movimentação do vento, possibilitando o direcionamento (Figura 10) ou impedimento - como barreira -, além disso as plantas melhoram a qualidade do ar.

**Figura 10 - Árvores de copa alta favorecem a ventilação**



Fonte: Lamberts *et al* (2014, p.182)

Todas essas possibilidades devem ser consideradas diferentemente para cada função arquitetônica, pois as necessidades variam para cada ambiente, além do local que será proposto e as atividades que nele serão desenvolvidas. É necessário ter em vista as questões locais da radiação solar - contribuinte do ganho térmico em edifícios -; a temperatura - a radiação solar que atinge o solo, é absorvida em parte e transforma-se em calor e com o

aumento da temperatura do solo, por convecção, aquece o ar -, as normais climatológicas fornecem informação da amplitude térmica de diversas regiões.

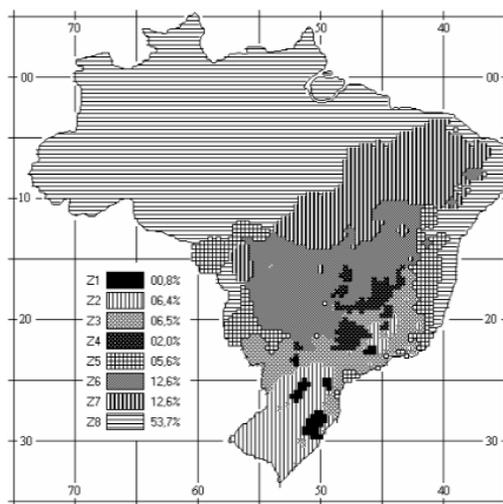
É importante avaliar a condição de umidade - a qual é regulada pela vegetação e pelo ciclo hídrico, sendo influenciada também pela ocupação do solo e topografia -; o vento - é a movimentação do ar que é influenciado pelo desequilíbrio de radiação entre as latitudes baixas e altas, vai ser afetado pela altitude, pela topografia e pela rugosidade do solo -; os movimentos da terra - rotação e translação, diagramas solares - podem ser interpretados como a projeção das trajetórias solares ao longo da abóbada celeste durante todo o ano, variando de caminho em função da época do ano - (LAMBERTS *et al*, 2014; DUARTE, 2016). As estratégias bem planejadas, passivas e aproveitando as condições naturais, por meio de um projeto com a análise bioclimática do local, proporcionam menor tempo de utilização de sistemas artificiais, melhor qualidade construtiva da edificação, melhor custo benefício e harmonia com o ambiente.

Assim como para diversas outras aplicações, a tecnologia - apesar de ser bastante utilizada para exploração dos recursos naturais - pode ser uma grande aliada no projeto bioclimático. Segundo o material disponibilizado pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) no Brasil, podem ser utilizados uma série de dados e programas de simulação computacional fornecendo informações importantes para o projeto, como o INMET - dados medidos nas estações automáticas do INMET -, Typical Meteorological Year - TMY -, Solar and Wind Energy Resource Assessment (SWERA) e o Test Reference Year (TRY). As informações, como as condições de macroclima, o mesoclima e o microclima, podem ser inseridas no programa Analysis Bio e determinar quais alternativas mais indicadas para o ambiente em questão, trazendo maior praticidade para as aplicações. Caso as informações encontrem-se disponíveis, elas também podem ser realizadas de maneira mais simplificada e manual (DUARTE, 2016).

Para condições e planejamento específico para as habitações de baixa renda, a ABNT NBR 15220-3:2005 “Desempenho térmico de edificações Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social” auxilia no planejamento, fornecendo informações sobre os tipos ideais de dimensionamento de esquadrias, a depender da necessidade de ventilação e material; os tipos de paredes e coberturas, incluindo os diferentes tipos de vedação; sombreamento e condicionamento

térmico e algumas das estratégias bioclimáticas mais indicadas para a zona em que o projeto está localizado (Figura 11).

**Figura 11 - Zoneamento bioclimático brasileiro**



Fonte: ABNT (2005, p.3)

Um exemplo relevante que aplica alguns dos conceitos citados anteriormente e uma boa referência para projetos de menores impactos ambientais, implementado por meio da reutilização e uso da habitação, eficiência e condições que permitam a autossuficiência de abastecimento de água, saneamento, energia, alimento e autoconstrução para os residentes, é o projeto *Earthship*, o qual baseia-se nos seguintes seis princípios fundamentais:

- Sistema solar passivo para aquecimento e arrefecimento;
- Construção com materiais naturais e reciclados;
- Produção de alimentos para consumo próprio;
- Produção de energia solar e eólica, com sistema de armazenamento de energia;
- Sistema de reutilização e reciclagem de águas cinzentas;
- Reciclagem do lixo produzido na habitação. (PINHO, 2018, p. 73).

Esse modelo de habitação se coloca em oposição à dependência estabelecida pelo modelo capitalista e convencional, no qual os usuários se tornam dependentes para ter uma moradia e as demais condições básicas para viver em uma realidade que constantemente é ameaçada por catástrofes naturais - afetadas principalmente pela exploração e interferência humana na natureza, como é o caso das mudanças climáticas - ou conflitos sociais. Essa realidade - como já foi citado anteriormente - gera diversos resíduos e promove a fome e falta

de abrigo para populações, o *Earthship* (Figura 12) apresenta uma certa diversidade de modelos, considerando os custos, a autoconstrução, um estilo de vida ambientalmente propício e autônomo, porém para sua aplicação depende de um grande investimento em equipamentos e planejamento adequado (EARTHSHIP, 2022).

**Figura 12 - Aparência externa e interna de um modelo de habitação *Earthship***



Fonte: Earthship (2022)

Portanto, é possível observar que há uma série de estudos que embasam estratégias que podem ser utilizadas para maior sustentabilidade na construção civil, incluindo as demandas e necessidades das populações de baixa renda no Brasil e principalmente no ambiente rural, o qual dispõe de maior flexibilidade - pela proximidade com o ambiente natural - para aplicação de estratégias que aproveitam as condições ambientais. Retomando as dimensões da sustentabilidade, orientações da bioclimatologia e das legislações aplicados especificamente para o trabalho em questão, pode-se relacionar os aspectos de base da sustentabilidade da seguinte maneira:

- O Social - ao acesso à moradia para as comunidades de baixa renda, a autonomia e independência de uma habitação que possibilite uma melhor qualidade de vida, autoestima e segurança;
- O Econômico - pode ser aproveitado na eficiência e qualidade nos equipamentos, sistemas e materiais utilizados, garantindo redução de custos ao adquirir e ao longo do uso, subsistência ou auxílio na produção de renda/alimento para os seus moradores, sem gerar resíduos que deverão ser tratados por órgãos públicos;

- A Dimensão ecológica - que pode ser incluída na redução de impactos ambientais e desperdício, ao evitar o desmatamento das florestas tropicais, o derramamento de óleo, redução de materiais industrializados, promover a reutilização de resíduos, materiais e mão de obra local, preservação da vegetação nativa e diversidade, o tratamento de resíduos produzidos por meio da fossa de bananeiras e compostagem, reutilização da água da chuva, reduzir o consumo desnecessário de água, energia e as emissões de gases, assim como a durabilidade construtiva e o planejamento das manutenções. Uma abordagem coerente com estudo da estrutura e funcionamento da natureza - ecologia, segundo ODUM (2001) - respeitar as formas de vida existentes e, dentro do possível e praticável, possibilitar ambiente receptivo para as mesmas.

- Espacial ou geográfico: pode ser relacionado à conexão com ambiente local, conhecendo as possibilidades de melhor aproveitamento da topografia, insolação, ventilação e sua biodiversidade;

- E por fim, a dimensão Cultural: as construções tradicionais aproximam as raízes ancestrais da cultura local, possibilitando a qualidade de vida ao ressignificar práticas de resistência cultural popular na construção vernacular e permitindo melhores condições de existência ao serem associadas aos conhecimentos técnicos, sem deixar de considerar as sabedorias empíricas desenvolvidas.

A aplicação dos princípios apresentados, pode garantir maior qualidade de vida e avanços na saúde pública, com a redução de lixões, acúmulo e disposição incorreta, além de aspectos de maior preservação ambiental. Deve ser reconhecido que a problemática se estabelece também na necessidade de educação ambiental em canteiros de obras e para toda a sociedade civil, de forma que os indivíduos possam ter conhecimento das consequências e compreender as justificativas para a inserção de novas alternativas e a busca para o desenvolvimento de inovações para a destinação dos resíduos e rejeitos. Ao reconhecer a durabilidade em construções vernaculares centenárias, a capacidade de redução de impactos, a diversidade de técnicas construtivas e as possibilidades de aprimorar tais técnicas com o planejamento, o projeto bioclimático e arquitetônico em uma edificação coerente com o local

e com as necessidades dos usuário de maneira sustentável, ainda assim há empecilhos as habitações naturais vernaculares serem opções facilmente incluídas em projetos, tal temática será melhor abordada no tópico seguinte.

#### 4 CONSTRUÇÕES NATURAIS COM TERRA E A TÉCNICA CONSTRUTIVA DA TAIPA DE MÃO

Ao considerar o potencial construtivo, de baixo impacto e de valorização cultural das construções vernaculares e naturais, são abordadas as construções com a terra, material de baixo custo e fácil acesso. Inicialmente, é imprescindível definir o que é a “terra” para esse tipo de construção, o “solo” é designado de forma generalizada e inclui uma composição que pode ser constituída de barro, mas não obrigatoriamente. A “terra”, “terra crua”, “terra para construir” ou “barro” são relacionados como sinônimos neste trabalho e representam um solo adequado para a construção. Sua composição varia em função de cada ambiente, mas necessariamente será composto por uma parcela de argila para ligação e coesão entre os grãos (Figura 13), o qual pode ser aprimorado com a adição recursos naturais, água, fibras, areias e até materiais industrializados; pode se localizar ou não na superfície, em geral, no subsolo; não deve possuir matéria orgânica em decomposição, apesar de algumas técnicas utilizarem esses componentes como ligamentos entre blocos (SANTANA, 2016) e não depende de processos químicos ou de cozimento, ou seja, em seu estado natural, sendo utilizado com misturas que não retirem suas características desejáveis depois de sua extração.

**Figura 13 - Solo argiloso em Simões Filho/BA**



Fonte: autoria própria

A arquitetura e construção de terra é o termo designado para as produções que possuem como material principal a terra, em técnicas que podem ser tradicionais e milenares

ou inovadoras, aplicados de forma manual ou mecanizada, em sistemas de enchimento - taipa de mão, quinha - ou autoportantes - hiperadobe, COB, taipa de pilão -, assim como presentes nos revestimentos e pinturas (FERREIRA, 2015). Nesse contexto, Nito define:

O termo “arquitetura de terra” engloba toda a série de estruturas em que o solo natural é condicionado a edificar elementos construtivos de espaços habitáveis. As edificações em terra crua seguem a mesma lógica que a maioria dos sistemas convencionais: para o desenvolvimento do projeto é necessário ter a consciência de suas limitações e capacidade de carga a partir da compreensão do funcionamento “orgânico” estrutural. Por estas razões são fundamentais a análise e o conhecimento dos sistemas construtivos, as relações que os mantêm, para que foram historicamente desenhadas e o seu estudo e desenvolvimento técnico. Assim, fica claro o porquê de conhecer tanto as caracterizações físicas dos materiais construtivos. (2015, p. 12)

A terra é historicamente fundamental para a sobrevivência humana seja na alimentação ou no abrigo, sendo difícil não encontrar um país que não possua uma sabedoria relacionada a essa forma de construção. Atualmente, cerca de um terço da população mundial vive em edificações construídas nas diferentes técnicas construtivas com terra, o que nos países em desenvolvimento pode chegar a mais da metade (MINKE, 2005; NITO, 2015). Apesar de que no Brasil, as técnicas não são ensinadas formalmente em universidades - dificultando a capacitação de profissionais para projetar e construir com tal material - e de posicionamentos como do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) ao considerar tais construções como inadequadas (SANTANA, 2016). A preservação e o valor construtivo se estabelecem dentro de questões históricas, culturais, sustentáveis, mas também pela potencialidade da qualidade construtiva na arquitetura atual, constantemente vem sendo enfatizada como uma ferramenta natural e gratuita de construções eficientes, que possibilitam a autoconstrução, como é o caso da Taipa de mão.

Os países do Terceiro Mundo deveriam dedicar especial atenção ao resgate de formas espontâneas de construir em detrimento ao modelo consumista de países ricos, o qual põe em risco todo o planeta em um ciclo de desgaste dos recursos naturais de países pobres, para suprimento de seus interesses, cometendo verdadeiros crimes ambientais. (SILVA, 2000 *apud* VIEIRA, 2017, p. 250 e 251)

**Figura 14 - Edificação residencial com taipa de pilão, pau a pique em Atibaia/SP**



Fonte: sustentarqui.com.br

#### **4.1. Aspectos históricos das construções com terra**

As construções vernáculas de terra estão espalhadas por todos os continentes do planeta, mas principalmente nas regiões de Clima seco por conta da escassez de madeira e outros materiais naturais (SANTANA, 2016), o solo está entre os primeiros materiais utilizados, juntamente com a madeira e a pedra (NEVES e FARIA, 2011). As obras com terra possuem datações de mais de 9000 anos a.C., comprovadas em sítios arqueológicos, monumentos e habitações encontradas em diversos locais do planeta, como no Turquemenistão, Síria, China, Peru, México e em diversos países da África (MINKE, 2015; CARVALHO e LOPES, 2012), comprovando as capacidades de durabilidade, resistência, demonstrando a evolução da habilidade construtiva e sua relevância para o desenvolvimento da humanidade.

De acordo com Canteiro e Pisani (2006), desde 5000 a.C., no Egito a terra já era utilizada na elevação de estruturas e em outros elementos, como na confecção de adobes e argamassas com misturas de palha, barro e areia. Como exemplo de técnicas mistas - terra e entramado vegetal -, encontraram-se informações de construções com essas características desde o período Neolítico no sítio arqueológico de Shillourokambos, em Chipre (Figura 15). Outras exemplificações são encontradas em trechos da muralha da China que foram constituídas com argila apiloada entre alvenarias de pedra, assim como o monumento Budista de Horyu-ji, no Japão (Figura 16), construída no século VII e que possui até os dias atuais um bom estado de conservação da estrutura de madeira (VIEIRA, 2017).

**Figura 15 - Edificação em Shillourokambos/Chipre**    **Figura 16 - Templo horyu ji/Japão**



Fonte: Guilaine (2015, p.83) *apud* Vieira (2017)



Fonte: <https://es.123rf.com/>

Entretanto, os registros não se restringem ao hemisfério Norte, na América do Sul, Central e México os povos nativos já possuíam conhecimento das técnicas de adobe e taipa de pilão, revelado na pirâmide do Sol, em Teotihuacán, México (Figura 17), com cerca de 2 milhões de toneladas de terra apiloada na construção datada de 300 a 900 d.C. e em técnica mista, há a cidade sagrada de Caral-Supe, no Peru (Figura 18), datada de 3.000-1.800 a.C. (MINKE, 2011 *apud* PORTELLA *et al*, 2015). Em muitas edificações as diferentes tipologias construtivas eram utilizadas em conjunto, por exemplo: alguns garantindo maior resistência e outros mais leveza sendo indicado para vedação de pavimentos superiores. A maior predominância na Venezuela e Colômbia era da taipa de pilão, já na América Central eram as tramas do pau a pique e a quincha, e no Equador, ambas eram utilizadas (VIÑUALES, 1993, p. 149 *apud* LOPES *et al*, 2012).

**Figura 17 - Pirâmide do Sol de Teotihuacán/México**



Fonte: <https://br.pinterest.com/>

**Figura 18 - Cidade sagrada de Caral-Supe/Peru**



Fonte: <https://www.jornalgrandebahia.com.br/>

A palavra taipa tem sua origem no árabe e foi introduzida na Península Ibérica pelos romanos e árabes, suas características se distinguem das técnicas executadas na América Pré-colombiana, como dito anteriormente, essas civilizações já utilizavam desses materiais para edificações antes da invasão dos colonizadores (CORDEIRO *et al*, 2019). Entre diversas contradições nos dados sobre as origens da taipa de mão no Brasil, pode se concluir que a técnica foi enriquecida ao longo do tempo pelas etnias e culturas que constituíram o país: povos indígenas e as técnicas de construções que cada etnia desenvolvia, variando em função do uso e materiais disponíveis; pelos europeus por conta da imposição de sua cultura e suas práticas e pelos povos africanos, as diversas comunidades africanas utilizavam da terra e quando foram sequestrados e escravizados no Brasil, trouxeram suas sabedorias e práticas construtivas, os quais eram forçados a todo tipo de trabalhos, inclusive na execução de edificações.

Algumas etnias indígenas brasileiras e africanas empregavam técnicas mistas, as quais apresentam uma grande similaridade com as construções mais simples atualmente encontradas em muitas regiões do país (CANTEIRO e PISANI, 2006). Santana (2016) afirma que no Sul do Brasil foram encontradas edificações indígenas as quais eram construídas com torrões, podendo ser identificada como uma técnica original dessa etnia e região (Figura 20). Tratando-se das heranças africanas nesse processo, Vieira (2017) aponta em seus estudos diversas etnias e seus respectivos sistemas construtivos, para os Euês - na região superúmida de Gana -, a arquitetura era responsabilidade da mulheres, as quais utilizavam de bambu e

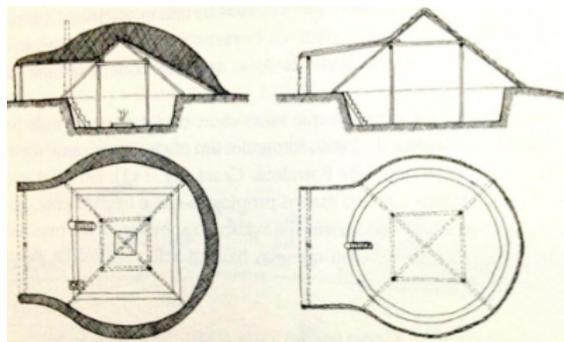
arbustos resinosos mais resistentes à cupins, a técnica mista era utilizada devido a leveza dos materiais e por ser mais facilmente reparada.

**Figura 19 - Moradia Indígena da etnia Taos**



Fonte: Minke (2005, p. 73)

**Figura 20 - Casa subterrânea etnia Caingangue**



Fonte: Weimer (2012, p.253) *apud* Vieira (2017)

As construções dos Ashantes - Gana - possuem fundações de barro apilado, as paredes com uma armadura interna de madeira amarrada com a cobertura de barro, um diferencial surge pela utilização das colorações: o barro vermelho para o piso, partes inferiores da parede e o barro claro para o revestimento das partes mais altas da construção. Os Fulas e Mandingas - Senegal, Gâmbia, Guiné-Bissau, Guiné, Costa do Marfim etc -, dentro de suas especificidades, utilizam nas habitações circulares o querentim - estrutura de junco ou trançado de bambu - com o revestimento de barro. No caso do Povo Sonas, vale enfatizar a constituição do barro: esterco de vaca, cinzas e terra de formigueiro, composição que colabora na redução de retração do barro, garantindo resistência e durabilidade (VIEIRA, 2017).

Em Angola - região de origem de grande parcela dos africanos trazidos ao Brasil - os Quimbundos habitavam em “cubatas” construídas em pau a pique e revestidas com palha ou barro (Figura 21). Os Bantos - de grande diversidade na população e extensão regional - utilizam o pau a pique com cobertura de folhas ou a taipa de mão, com acabamentos liso, rugosos realizados a mão ou com desempenadeira podendo ter relevo ou não, ou até mesmo realizadas sem revestimento nas zonas mais secas. Como o estudo de Vieira possui foco no modelo rústico da taipa de sebe, ela aponta a denominação popular de mucambo e sua relação histórica para sobrevivência:

[...] Mucambo ou mocambo é uma denominação usada "antigamente" para choça no mato onde se refugiava o negro escravo escondido, denominação que passou a ser utilizada para referir-se à casa de pobre construída em materiais rústicos, como o pau a pique revestido em barro, entre outros. (CORONA e LEMOS, 1989 *apud* VIEIRA, 2017, p. 81 e 82)

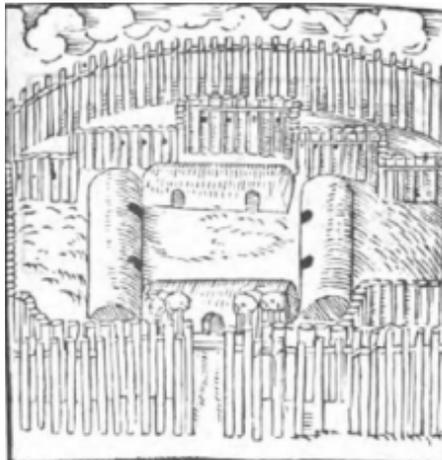
**Figura 21 - Cubata revestida de Angola/Luanda**



Fonte: Weimer (2014, p. 123) *apud* Vieira (2017)

É possível notar, entre as poucas etnias africanas e indígenas citadas, a diversidade de habitações produzidas em técnicas mistas de entramados vegetais e preenchimento/cobertura com barro que seguiram sendo reproduzidas ao longo da história do Brasil (Figura 22). Por essas técnicas envolverem materiais disponíveis naturalmente e gratuitamente, principalmente nesse período mais delicado da história do país, tornava-se a única possibilidade de habitação para muitas famílias, no qual para aquela “construção da casa popular mais simples é que a influência dominante foi e ainda é a africana ou a indígena” (VIEIRA, 2017, p. 83). A compreensão de tal denominação e significado expressa o valor social para as técnicas e sua relevância como símbolo de resistência e sobrevivência, considerando a sociedade construída com as feridas da exploração e escravidão desses povos - indígenas e africanos - o preconceito construído para essas formas de construção surge em um contexto de apagamento das contribuições dessas etnias para a sobreposição da perspectiva eurocentrada. Portanto, as sabedorias indígenas da terra, sobre os demais materiais locais e seus modos construtivos uniram-se às experiências africanas e europeias definindo muitas combinações e expressões arquitetônicas, as quais apresentam semelhanças e diferentes nomenclaturas em função da localidade e de variações nas características (NEVES e FARIA, 2011).

**Figura 22 - Representação de cabanas em pau a pique da Etnia Tupinambá**

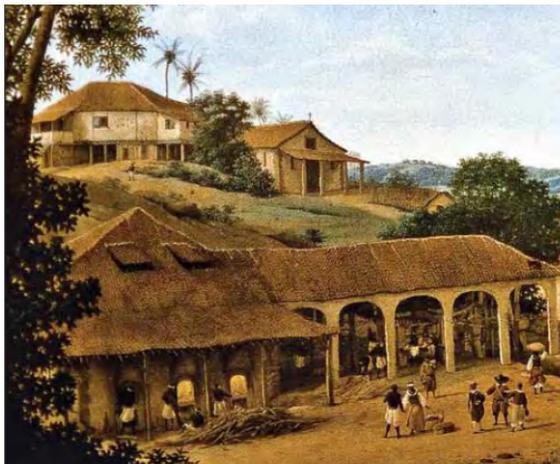


Fonte: Staden (1900, p. 125) *apud* Vieira (2017)

Especificamente a região de pesquisa deste trabalho, o Recôncavo baiano, apresenta uma relação direta entre as construções em técnica mista e os engenhos. As tipologias construtivas eram escolhidas em função da localização da implantação, quanto mais afastados da costa em áreas mais recentes no cultivo de cana, as construções eram compostas por esteios de madeira e paredes de vedação em adobe ou pau a pique. Apesar da mesma tipologia construtiva ser utilizada, como a taipa de mão, as características finais e de acabamento variavam de acordo com a hierarquia social, para a casa-grande o tratamento arquitetônico realizado era mais apurado e posicionado em cotas topográficas mais altas, porém para o ambiente destinado aos escravizados não havia cuidados construtivos que aumentassem sua resistência a intempéries.

A casa-grande, mesmo compondo um dos edificios centrais do engenho, poderia ser construída sob mesma técnica construtiva que a senzala ou as moradias individuais de escravos, como por exemplo, em taipa de sebe, entretanto, apresentando-se em qualidade diferente de espaço e de acabamento. As senzalas, de forma geral, sem acabamento e com espaços inadequados ao uso. Nesse contexto, fica evidente o reflexo, através das técnicas construtivas utilizadas nas edificações dos engenhos de açúcar, das relações sociais existentes e da flexibilidade adaptativa do português ao meio e às suas possibilidades em prol de lograr seus objetivos de domínio. (VIEIRA, 2017, p. 101)

**Figura 23 - Pintura “Engenho”, representa a organização da hierarquia do engenhos**



Fonte: Frans Post (1660) *apud* Azevedo (2009, p. 5)

Apesar da política oficial de dispersão dos grupos étnicos, é possível identificar alguns elementos que se preservaram, como os sistemas construtivos do pau a pique e sapé, o costume do viver coletivamente e a disposição interna da casa, com dois cômodos e uma varanda, sendo esta responsável pela integração social da habitação coletiva. As moradias costumavam apresentar uma composição mista, com tijolos/adobe e paredes divisórias em pau a pique cobertos com palha ou telhas (AZEVEDO, 2009).

O uso constante observado nas construções de moradia no século passado, se modifica no início do século XIX, por classificá-las como obsoletas em muitos países, substituindo as construção com terra por técnicas com inovações tecnológicas nos processos e materiais industrializados (CORDEIRO *et al*, 2019). As alegações sobre as falhas construtivas incentivou o declínio de técnicas naturais e ancestrais, por meio da valorização de novos conceitos estéticos implantados, como os estilos Neoclássico e Eclético “importados” de culturas consideradas superiores, assim como a valorização da utilização dos materiais convencionais - aço e concreto -, tal substituição de técnicas e materiais são socialmente construídas e constroem as distinções e desigualdade no acesso a moradias (VIEIRA, 2017).

Nito (2015, p.18) comenta que no século XX o movimento moderno instiga novamente o interesse de arquitetos e outros intelectuais com as construções com terra crua, surgem propostas e novas técnicas derivadas, com o intuito da valorização da identidade cultural. A autora também afirma que os problemas sociais e ambientais no século XXI, incentivam a utilização da terra como material de construção promovendo baixo impacto no

ambiente natural. Considerando o cenário atual do Brasil em relação às edificações com terra crua, podem ser classificados duas situações que colaboram para seu resgate:

1 - Produção individual por iniciativa própria, desenvolvimento junto à permacultura e a sustentabilidade;

2 - Iniciativas sociais, tanto por incentivo de organizações não governamentais quanto governamentais, principalmente na produção de habitações, desenvolvidas em trabalho participativo com comunidades, muitas vezes em mutirão;

#### 4.2. Tipologia construtiva da taipa de mão

Figura 24 - Edificação em taipa de mão



Fonte: Carvalho *et al* (2015)

As nomenclaturas de “pau a pique”, “taipa de mão”, “taipa de sebe”, “taipa de sopapo”, “tabique”, “barro armado”, “taipa fasquio”, “taipa de pescoção”, “taiona” etc, são comumente associadas para a definição do mesmo sistema construtivo, o que resulta em algumas confusões, pois algumas são de fato sinônimos a depender da região ou por apresentarem grande semelhanças - na execução, estrutura e aparência final -. Entretanto, são erroneamente desconsideradas em suas características específicas, como no caso de trançados, tamanho do espaçamento da estrutura vegetal ou as formas de lançamento do barro. Neste trabalho foi utilizado o termo da “Taipa de mão”, para designação do sistema misto composto pelo entramado vegetal simples e preenchimento com o barro, definido por conta proximidade regional com termo, além da presença nas definições mais encontradas na literatura, na entrevista e nas atividades práticas.

Em uma análise mais aprofundada para as definições observadas para cada nomenclatura citada, percebe-se que a técnica do pau a pique é definida pela estrutura vertical de madeira ou bambu, que pode ou não ser coberta, e a taipa de mão é a preparação e aplicação do barro de preenchimento, é o revestimento da grade vegetal. Já a taipa de sebe e a de sopapo possuem o mesmo modelo de estrutura vegetal - peças horizontais fixadas a peças verticais fincadas ao solo e posterior acréscimo de um requadro menor preenchendo a estrutura -, mas se diferenciam na aplicação do barro: em ambas aplica-se simultaneamente o barro nos dois lados da estrutura vegetal, entretanto na taipa de sebe a massa é amassada e na taipa de sopapo são elaboradas bolas com o barro arremessadas com força e em sincronia, ambas associadas ao acabamento rústico, como pode ser observado na Figura 25(WEIMER *apud* VIEIRA, 2017).

**Figura 25 - Edificação popular rústica em taipa de mão na Bahia**



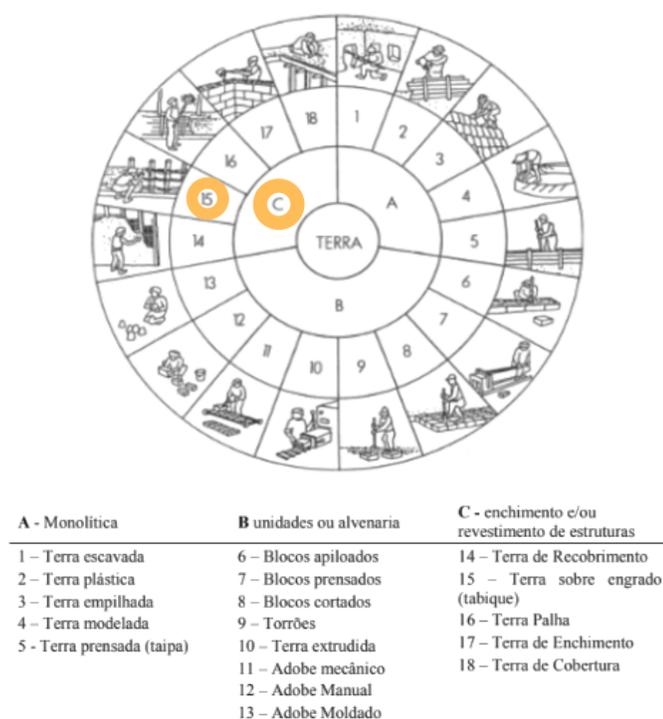
Fonte: Canteiro e Pisani (2006, p. 5)

Apesar dessas definições construtivas, outros autores - Canteiro e Pisani (2006), Lopes *et al* (2012), Cordeiro *et al* (2019) e Brasil (2008) - consideram a denominação “Taipa de mão” para todo o sistema construtivo em questão e não somente a aplicação da mistura com barro - o “barreamento” - da estrutura. Considera-se a execução do sistema completo, o entramado vegetal rígido: vigas, esteios, frechais e suas respectivas amarrações, com secção normalmente quadrada e com cerca de um palmo de área - estrutura mestra portante e auxiliar -, além do respectivo barreamento e o revestimento com a mistura de barro, a qual não possui uma forma de aplicação exata, como é observada no “sopapo”.

Seguindo as definições do CRAterre sobre os diferentes sistemas construtivos que utilizam a terra, observa-se: grupo A - utilização da terra de forma monolítica e portante;

grupo B - utilização da terra sob a forma de alvenaria; e grupo C - utilização da terra como enchimento de uma estrutura suporte. O grupo C inclui os sistemas mistos, no qual há uma estrutura de base e a terra é um elemento secundário no preenchimento e no revestimento, o que se encaixa nas definições da técnica estudada (NITO, 2015). Cordeiro (*et al*, 2019) afirma que no grupo C, o elemento 15 (Figura 26), denominado de “ terra sobre engradado ou terra de guarnição” consiste na aplicação de terra sobre uma estrutura de madeira ou bambu, o que inclui a definição da taipa de mão.

**Figura 26 - Técnicas de construção com terra e identificação da taipa de mão**



Fonte: adaptado de Fernandes (2006) *apud* Ferreira (2015, p.34)

As técnicas mistas são constituídas pela estrutura do entramado de origem vegetal ou industrial - o esqueleto da edificação -, e o barro, que corresponde ao preenchimento desse entramado - será a pele, regulando temperatura, umidade e som da edificação - (Figura 27). As técnicas mistas apresentam uma melhor adequação às condições ambientais, principalmente no comportamento acústico e térmico (NEVES e FARIA, 2011). Segundo Cyted (2003), a classificação estrutural do tipo “E”, trata de sistemas mistos compostos por uma estrutura portante principal, uma estrutura auxiliar - esqueleto que sustenta a terra -, preenchimento e revestimento. Além da principal, a estrutura auxiliar é dividida em duas

partes, a que fica fixada na principal é definida como montante, pode ser constituída de madeira, bambu e troncos e é responsável pela sustentação do esqueleto, esse último pode ser realizado com materiais de menor dimensão como ramos e talos de palmeira. O espaçamento entre as seções da grade, considerando uma estrutura quadriculada, pode variar entre 10 a 20 cm, em elementos verticais e horizontais aplicados em ambas as faces. A definição da relação e execução dessas estruturas, juntamente com as maneiras de execução do barreamento, constituirão as informações para cada variação de técnica. Os grupos e subgrupos das estruturas principais e as estruturas auxiliares de técnicas mistas, o que permite distinguir as diferenças entre as tecnologias construtivas, as quais podem ser elaboradas de diversas maneiras em trama ou urdido; com elementos na vertical, horizontal ou diagonal; com peças curtas ou longas (VIEIRA, 2017).

**Figura 27 - Barreamento da estrutura vegetal**



Fonte: <https://www.vivadecora.com.br/>

Algumas atividades específicas são essenciais e devem anteceder o processo construtivo, como a execução de ensaios - podem ser realizados sem equipamento e em campo - para o reconhecimento da composição do solo encontrado na região e seu comportamento na coesão, resistência e retração, por exemplo. Além do solo, devem ser observadas as espécies vegetais disponíveis no local para a composição da trama e planejar a execução da obra, de acordo com as características dos materiais e detalhes importantes para o encaixe e amarração, em conjunto com o projeto da moradia e o programa de necessidades. Com tais conclusões podem ser executadas as etapas construtivas como a fundação, estrutura mestra/principal e auxiliar com elementos vegetais, telhado, barro com misturas que

aprimoram suas características e demais acabamentos, e sendo que toda a construção pode ser realizada com ou sem mutirão, sem a necessidade de mão de obra especializada, porém com a disponibilidade de profissionais, contribuirá em muito no processo construtivo, na rapidez e na transmissão dos conhecimentos ligados a técnica.

### 4.3. Preconceito e preservação cultural

**Figura 28 - Edificação tradicional de taipa de mão em Baixa Grande/BA**



Fonte: autoria própria

Nos estudos de Lopes *et al* (2012) “A importância da taipa de mão na história e na cultura do Brasil” são abordados pontos relevantes para o reconhecimento da necessidade de estudos e da valorização de práticas culturais. A definição de patrimônio cultural da Constituição da República Federativa do Brasil de 1988 inclui as construções e moradias ancestrais no Art. 216.

Constituem patrimônio cultural brasileiro os bens de natureza material e imaterial, tomados individualmente ou em conjunto, portadores de referência à identidade, à ação, à memória dos diferentes grupos formadores da sociedade brasileira, nos quais se incluem:

- I - as formas de expressão;
- II - os modos de criar, fazer e viver;
- III - as criações científicas, artísticas e tecnológicas;
- IV - as obras, objetos, documentos, edificações e demais espaços destinados às manifestações artístico-culturais;

V - os conjuntos urbanos e sítios de valor histórico, paisagístico, artístico, arqueológico, paleontológico, ecológico e científico. (BRASIL, 1988)

As edificações expressam a materialidade da vivência das comunidades ao meio, adaptando seus modos de fazer específicos ligados a sua identidade, a simplicidade, a funcionalidade, as demandas e práticas, ou seja, um produto de sua cultura. Essas questões são fundamentais para a compreensão das variações construtivas e arquitetônicas, os quais são executados com a sabedoria acumulada dos indivíduos que evoluíram com as décadas e séculos - transmitida pela oralidade e experiência - e com a conexão com o funcionamento dos materiais e dos sistemas (Figura 29). Como citado anteriormente, as técnicas mistas desenvolvidas no Brasil são compostas da soma de sabedorias de diversos povos, as etnias indígenas e africanas e europeus, portanto, as práticas de preservação significam o respeito a resistência dos povos indígenas e africanos tanto na continuidade de suas práticas após um contexto de escravidão e exploração, como nas lutas para sua sobrevivência em uma sociedade que subalterniza tais comunidades e suas práticas.

**Figura 29 - Edificação tradicional da Venezuela**



Fonte: Minke (2005, p. 100)

A valorização das práticas locais possibilitam uma concepção de obras e arquitetura que se comunique e seja coerente com seu local de implementação, com o conhecimento do solo, da vegetação, da direção de vento predominante, os conhecimentos relacionados com a arquitetura Bioclimática, assim como considerar as comunidades na qual é inserida, adaptando as propostas de acordo com suas carências e possibilidades. As técnicas de construção da Taipa de mão e do adobe, caracterizam grande presença no Nordeste Brasileiro, as quais foram muito utilizadas na arquitetura popular. Portanto, tal incentivo e preservação significam o fortalecimento dos aspectos culturais de um povo, sua história, memória e

práticas, o que as tornam relevantes e como meio de garantir o fortalecimento da sua própria identidade (LOPES *et al*, 2012), assim como o reconhecimento que a arquitetura popular de terra constitui a história do povo brasileiro e a da sua memória coletiva, a qual deve ser cautelosamente preservada e transmitida para as próximas gerações.

Entretanto, mesmo com a perpetuação desse modo construtivo até os dias atuais e seus formatos contemporâneos, há diversos impedimentos para o processo de valorização, depende de novas perspectivas e o rompimento de preconceitos sobre essas tipologias construtivas, e no caso dessa pesquisa, especificamente os valores relacionados à taipa de mão. Os dados coletados pelo IBGE, indicados nos estudos de Vieira (2017), posicionam as construções de taipa não revestida em uma subcategoria específica de edificações que deveriam ser totalmente substituídas e não reformadas para se tornarem adequadas - constituem a composição do déficit habitacional por habitações precárias -, afirmando as motivações de condições precária de moradia e risco de contaminação por doenças, descartando as habitações com terra como construções passíveis de reformas para sua melhoria. Entretanto, “contraditoriamente, pode-se concluir que, segundo a Fundação João Pinheiro (FJP), moradias elaboradas em parede de taipa de sebe, quando revestidas com algum tipo de acabamento, são consideradas apropriadas para uso” (VIEIRA, 2017, p. 176) por não se encontrar em uma classificação de déficit habitacional, o que demonstra o conhecimento que com determinados cuidados e processos - nesse caso o revestimento - a Técnica mista não gera situação de precariedade.

Em complemento, observa-se que as moradias em construções com taipa revestida na zona rural do Brasil, entre 1991 e 2010, reduziram em mais de 50%. A partir das análises de programas habitacionais, Vieira (2017) afirma que as ações governamentais - como pode ser reconhecido nos resultados do IBGE e a generalização de aspectos negativos como uma habitação inadequada e precária - acabam por incentivar o distanciamento da população com as técnicas tradicionais pelo estigma relacionado à pobreza. Ações que excluem as técnicas vernaculares - não industrializadas - como viáveis em programas habitacionais, o que poderia gerar menor custo, maior agilidade construtiva, além do compartilhamento e conservação de saberes ligados à técnica e ao seu fortalecimento.

As definições de “tecnologia atrasada”, “indigna” ou até mesmo o desconhecimento do potencial construtivo, perpetuam o marcador social de pobreza e precariedade, dificultando ações para a repercussão das construções em taipa de mão, o que gera a rejeição

das sabedorias e das práticas específicas para o exercício na contemporaneidade. A taipa termina por se consolidar, devido à sua tradição construtiva, como uma edificação provisória e utilizada por pessoas sem recursos, sem formação e comunidades tradicionais. Na avaliação dos questionários com Moradores de casas em técnica mista “rústica” da zona rural do município de Cardeal da Silva/Bahia, Vieira (2017) verificou que em mais de 80% das respostas, os moradores acreditavam que a moradia em taipa era indigna e as possibilidades de melhoria sempre estavam ligadas ao sistema convencional de construção, o que leva as comunidades de baixa renda a acreditar - por conta do sistema de consumo e capitalismo - que sua qualidade de vida depende da aquisição de certos bens e da acumulação de capital.

A construção social ligada à técnica se constrói por uma série de motivações, entre elas podemos citar as falhas construtivas, tal como a ausência de fundação, de reboco ou presença de reboco irregular; ausência de pintura; descolamento e excesso de água no barro; ambos ocasionados pelo distanciamento da consciência construtiva ou de novos conhecimentos técnicos necessários para resultar em dimensionamentos e composições mais adequadas. Além disso, mais de 80% dos entrevistados acreditam que não é possível resolver os problemas apresentados, demonstrando um desconhecimento das possibilidades de melhoria e reforma com opções relacionadas à própria técnica, com diversos aspectos positivos não aproveitados, como viabilidade, qualidade, durabilidade, autoconstrução e independência habitacional advindos da taipa de mão (VIEIRA, 2017).

Outro fator que contribui para uma imagem negativa, é a associação equivocada das edificações de taipa de mão com a Doença de Chagas, como se os insetos transmissores - conhecido popularmente como “barbeiro” (Figura 30) - “nascessem” de suas paredes espontaneamente, o que favorece o preconceito e incentiva as construções convencionais como habitações protegidas de determinadas doenças. São contradições e geralmente relacionados à ignorância, com o estudo, trabalho e prática pode-se perceber o quanto os materiais naturais podem contribuir para a saúde e segurança, em paredes bem vedadas e com as camadas de reboco - sem buracos e frestas - os insetos não podem entrar e se alojar (MINKE, 2005).

**Figura 30 - Inseto “barbeiro”**

Fonte: <https://g1.globo.com/>

Entre as cinco possíveis formas de contaminação, a vetorial se classifica como relacionada a ambientes com condições favoráveis à sua proximidade - frestas, fendas e fissuras em paredes -, no qual o inseto permite a passagem do protozoário *Trypanosoma cruzi*, depositando suas fezes durante a picada e contamina a pele lesada. As contaminações vetoriais apresentam relevância e as medidas de prevenção devem ser realizadas, porém, com os levantamentos entre 2008 e 2017, o Ministério da saúde relata que as “principais formas prováveis de transmissão ocorridas no país, 72% foram por transmissão oral, 9% por transmissão vetorial e em 18% não foi identificada a forma de transmissão”, ou seja, o principal foco de contaminação está relacionado à ingestão de alimentos, como o caldo de cana, açaí e bacaba, e não mais em maioria para habitações, como vem sendo transmitido pela noção geral, dessa forma, é fundamental a atenção para contaminação por alimentos e não somente para a forma vetorial.

A contaminação vetorial surge da adaptação do inseto ao meio explorado e desmatado por seres humanos, com a redução da fauna e diversidade, o inseto se desloca de seu habitat natural para buscar alimento e sobrevivência. Além desse fator, é possível observar que mesmo com construções substituídas por materiais convencionais - alvenaria de blocos - a vulnerabilidade à domiciliação do inseto prossegue pela situação das paredes sem revestimento e da condição de frestas existentes, como pode ser verificado na Figura 31 (VIEIRA, 2017). O ambiente favorável para o inseto não é decorrente dos materiais e da técnica da taipa de mão, mas é preciso evitar a condição receptiva a proliferação do inseto em qualquer estilo construtivo, como com revestimentos regulares, evitando orifícios e frestas, utilizar telas de mosquiteiros e repelentes principalmente em áreas endêmicas e a manutenção periódica da habitação (NEVES e FARIA, 2011).

**Figura 31 - Edificação em taipa de mão com diversas frestas em Baixa Grande/BA**



Fonte: autoria própria

O Programa de Melhorias Habitacionais para o Controle da Doença de Chagas (MHCDCh) desenvolvido pela Fundação Nacional de Saúde (FUNASA), está entre as ações de saúde pública para comunidades de baixa renda que habitam residências que propiciam a infestação para a Doença de Chagas, localizadas em regiões endêmicas (BRASIL, 2013). As alternativas de restauração e melhoria se limitam a blocos cerâmicos, cimento, pintura e demais materiais convencionais, excluindo as construções com terra como possibilidade de correção dos vetores. Se os programas favorecessem a normatização, instrução e permitissem a autoconstrução em técnicas tradicionais de forma consciente e aperfeiçoada, permitiriam uma série de vantagens como a redução de custo para as famílias, o baixo impacto ambiental e o reconhecimento de diversas outras de suas vantagens.

#### **4.4. Associações e normas que trabalham com a construção com terra**

**Figura 32 - Edificação em taipa de mão com 250 anos de idade, São Paulo/Brasil**



Fonte: Minke (2005, p. 16)

O histórico de abandono e sem a formação aprofundada sobre as técnicas alternativas - quando as mesmas são abordadas nas universidades -, demonstram a necessidade de ações políticas/governamentais para conscientização da população para soluções sociais, sustentáveis, econômicas e culturais, viabilizadas por tipologias construtivas como a taipa de mão, para que a implementação da técnica na contemporaneidade possa ser permeada de conceitos e do conhecimento de suas reais qualidades e limitações, não apenas aceita, mas valorizada por suas especificidades (CORDEIRO *et al*, 2019), rompendo com os preconceitos citados anteriormente. Tal situação motiva o desenvolvimento de normas específicas para esse tipo de construção, como as normas oficializadas pela Alemanha desde 1951, assim como na França, Nova Zelândia, Peru, Estados Unidos da América (PORTELLA *et al*, 2015) as quais, segundo Cordeiro *et al* (2019), abordam sobre adobe, bloco de terra compactada, terra vazada e taipa de pilão.

Santana (2016, p. 32) define o regulamento da Nova Zelândia como o mais completo internacionalmente no que se refere a construção com terra, estruturado em três partes:

- NZS 4297:1998 – Engineering Design and Earth Buildings – Estabelece critérios de desempenho em termos de durabilidade, resistência, retração, isolamento térmico e resistência ao fogo;
- NZS 4298:1998 – Materials and Workmanship for Earth Buildings – Define exigências em termos de materiais e de mão de obra;
- NZS 4299:1998 – Earth Buildings not Requiring Specific Design – Aplicável para edifícios com menos de 600 m<sup>2</sup> (ou 300 m<sup>2</sup> por piso) e estabelece soluções construtivas para as paredes, fundações e lintéis.

De acordo com as informações da Rede TerraBrasil (2022), o Brasil possui normas para construção relacionadas ao solo-cimento, as quais são as primeiras normas brasileiras sobre construção com Terra, com a coordenação do Centro de Pesquisas e Desenvolvimento da Bahia (CEPED), Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de S. Paulo (IPT) e Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), estabelecendo diretrizes normalmente aplicadas na produção de blocos de terra comprimida. Recentemente, após aproximadamente 6 anos de organização e discussão entre a Comissão de Estudo Construções com terra - CE-002:123.009 - vinculada ao Comitê Brasileiro da Construção Civil - ABNT/CB-02 - e a Rede TerraBrasil, foi publicada a norma “ABNT NBR 16814:2020 - Adobe - Requisitos e

métodos de ensaio” e atualmente, ano de 2022, foi publicada a “ABNT NBR 17014 - Taipa de pilão - Requisitos, procedimentos e controle” (REDE TERRABRASIL, 2022).

Os documentos normativos, na maioria dos casos, se referem a uma ou duas técnicas e não sobre o uso em geral das construções em terra crua. A diversidade de propriedades da terra é muito peculiar, demandando um conhecimento amplo e sensível para definição da melhor técnica a ser utilizada. Dessa forma, a inclusão dos sistemas construtivos em terra crua nas normativas de construção civil apresenta complexidades intrínsecas à sua matéria prima. (NITO, 2015, p. 13)

Enfatiza-se o empenho e dedicação de associações internacionais, como Associação e Laboratório CRAterre, formado em França em 1979; Associação Centro da Terra - Santiago do Cacém, Portugal; Associazione Nazionale Città della Terra Cruda surge em 2001, em Itália; Associação DachverbandLehme.V., criada em 1992, na Alemanha; Centro de Investigação Navapalos na Espanha e na América Latina valoriza-se as contribuições de países como Peru, Argentina, Colômbia e Chile. Tratando-se do Brasil, vale ressaltar a rede internacional de âmbito ibero-americano PROTERRA, fundada em 2001; a Rede TerraBrasil, criada em 2006; a Associação Brasileira de Materiais e Tecnologias Não-Convencionais (ABMTENC) e Associação Brasileira dos Construtores com Terra (ABCTerra). Com os diversos estudos e aprofundamento de pesquisas sobre as construções naturais com terra ao redor do mundo, percebe-se o reconhecimento da sua aplicabilidade positiva na contemporaneidade. Ao longo do trabalho serão abordados outros estudos desenvolvidos por tais instituições, devido às suas colaborações para os conhecimentos científicos e incentivo às construções com terra em seu máximo aproveitamento, com a ausência do estímulo pelas pesquisas desenvolvidas, a valorização das técnicas alternativas seria ainda mais complexo.

#### **4.5. Vantagens e desvantagens da taipa de mão**

Um grande fator de vantagem da taipa de mão e das demais construções com terra, são as propriedades da inércia térmica da terra, que amenizam as temperaturas no interior da edificação. O processo de absorção e liberação de calor da terra acontece lentamente, principalmente onde há uma maior amplitude térmica - dia quente e noite fria -. “O solo se mantém em temperaturas mais amenas do que o ar exterior; após o aquecimento pelo sol, a terra retém o calor por muito mais tempo que uma habitação convencional” ( LAMBERTS *et*

*al*, 2014, p. 78) - o barro armazena e pode balancear o clima interior - o que resulta na maior economia de energia para resfriamento da moradia em regiões tropicais úmidas e semiáridas, garantindo um melhor conforto ambiental e a exploração de mecanismos com funcionamento bioclimático, além disso, com adição de fibras, a mistura pode garantir maior isolamento térmico e apresenta propriedades higrotérmicas regulando o nível de umidade ambiental (SANTOS *et al*, 2020).

Investigações sobre o desempenho de alguns materiais de construção comprovam que blocos de terra são capazes de absorver 10 vezes mais umidade do ar, do que os tijolos cerâmicos tradicionais. (SANTANA, 2016, p. 50)

Os pisos e paredes porosos de terra permitem a “respiração” da edificação, além do controle térmico, hídrico e das trocas gasosas. Os poros - assim como o relevo que resulta da construção manual - realizam a absorção dos ruídos com maior facilidade do que superfícies lisas e com materiais industrializados, como cerâmicas, que podem resultar na reflexão do som (SANTANA, 2016). A construção com terra é uma excelente ferramenta para sistemas sustentáveis e ecológicos, por conta das qualidades ambientais que promovem, como a disponibilidade de recursos no ambiente da obra - o que reduz o impacto de exploração, transporte - e não depende da queima de combustíveis e lançamento de CO<sup>2</sup> na atmosfera. Além de que, a terra que não seja utilizada pode retornar ao meio ambiente sem contaminar e o processo de construção com tal material é reciclável, com o desmonte da estrutura, basta realizar a trituração e umedecê-la, para que seja reconstruída ou apenas devolver o material para o ambiente de origem (BRITO, 2019; MINKE, 2005). A técnica permite a possibilidade de integração de conceitos sustentáveis e da preservação dos conhecimentos tradicionais para o desenvolvimento de novas relações com a construção, moradia, meio ambiente e cultura.

Como detalhe específico das técnicas mistas, pode ser enfatizada a adaptabilidade aos materiais disponíveis no local, sua estrutura não se restringe a uma espécie vegetal específica, o que possibilita a inclusão de diversas espécies vegetais juntas ou não, de maneira racionalizada - galhos, bambu e outras espécies -. Entretanto, caso não seja realizado o tratamento prévio da estrutura vegetal, pode se tornar sensível à presença de fungos e insetos e a condensação - umedecimento do material - também pode contribuir para bolores. Em situações em que a estrutura não seja devidamente preenchida com as camadas de terra, pode ficar suscetível a riscos de incêndios. Ambas situações de exposição da trama podem gerar

perigo, mas com os procedimentos corretos e revisão periódica não há motivo para preocupação (NEVES e FARIA, 2011).

Os materiais - terra e elementos vegetais - que compõem a técnica não são perigosos para a saúde e para manuseio dos construtores e moradores, diferente dos materiais como o cimento e a cal (BRITO, 2019), o que contribui para a tipologia construtiva ser apropriada para autoconstrução, pois pode ser executada por pessoas especializadas ou não, mais próxima da população e do trabalho em conjunto. Com apenas a presença de uma pessoa experiente na técnica, pode ser facilmente o suficiente para o alcance da qualidade final, a técnica também permite a participação em mutirão de todos os membros da comunidade e o trabalho fortalece a mão de obra local, pela simples execução e fácil aprendizado de maneira intuitiva. A facilidade construtiva e a rapidez para sua execução, devido a possibilidade da elaboração da estrutura e telhado anteriormente, garante proteção e abrigo para as próximas etapas, sem perder durabilidade e resistência - essas são algumas das justificativas consideradas relevantes para a difusão da técnica ao longo do tempo no Brasil - (LOPES *et al*, 2012). Esse tipo de construção possibilita a redução de custos em ao menos 30%, além da redução de consumo de água, energia, desperdício, uso de materiais industrializados e podem ser associados nesse sistema construtivo a reutilização de diversos resíduos.

O barro protege a madeira e outros materiais orgânicos que estabelece contato direto, por conta do baixo equilíbrio de umidade - 0,4 a 0,6% - e como os insetos não podem destruir a madeira nessas condições; a terra também absorve contaminantes, o que já é comprovado para a filtragem da água, mas não há comprovações científicas para a limpeza do ar; economiza o consumo de materiais e custos de transporte, deve se utilizar o barro da própria região, o que pode necessitar de alterações na composição - mais argila ou mais areia - e mesmo quando o solo ideal seja transportado de outros locais, ainda será mais econômico que a compra de materiais convencionais (MINKE, 2005).

A estrutura combinada com o preenchimento de terra configura um sistema leve, o que é super indicado para reduzir o peso nas fundações e a carga em solos instáveis, além de sua utilização em pavimentos superiores para reduzir esforços. Muitas vezes as coberturas pesadas exigem estruturas reforçadas, mas quando planejado e calculado pode-se incluir um pavimento superior, assim como deve-se planejar os espaços destinados para prateleiras e demais perfurações, pois devem ser previstas as interferências na trama estrutural para não gerar instabilidades no sistema. Apesar das paredes leves das técnicas mistas, apresentam

desempenho estrutural suficiente para resistência aos esforços gerados em zonas de elevada sismicidade - presença de terremotos -, podendo ser definida como uma técnica sismorresistente (NEVES e FARIA, 2011), ademais muitos autores enfatizam sua capacidade de adaptar-se às topografias acidentadas ou não.

Por conta da terra não ser um recurso padronizado, ou seja, sua composição varia bastante em função da localização, clima, vegetação etc, o que gera diferentes aparências de texturas, cores, seu comportamento mecânico, aderência e retração, e serão específicos para cada tipo de composição do solo, o que comprova a necessidade de mais estudos aprofundados e inovações tecnológicas para utilização da terra como material construtivo, viabilizando práticas que facilitem o reconhecimento de características relevantes de cada solo. Além disso, as zonas com elevada insolação podem colaborar com o processo de secagem da parede para sucessão das próximas camadas, porém, em caso contrário, pode se tornar lento e se não for bem feito pode gerar problemas como fragilidade às intempéries e animais (BRITO, 2019). No processo de secagem, o barro sofrerá retração, além de que sua composição natural não é impermeável, sendo necessária proteção da chuva e de outras fontes que possam conservá-lo úmido (MINKE, 2005).

Como citado anteriormente, diversos pontos que são base de preconceitos e resultados construtivos desconfortáveis, possuem como origem falhas/patologias estruturais no processo de planejamento e execução, os quais podem ser advindos de fatores como: a falta de experiência; distanciamento do modo de construção tradicional da técnica e/ou da ausência de conhecimentos técnicos ligados a outros processos construtivos que não se restringem a taipa de mão, como a execução de fundações, exposição excessiva a esforços e tensões na estrutura, ausência de revestimentos, exposição da construção a umidade. A capilaridade do solo, as chuvas e os impactos das águas, resulta no desgaste, aparecimento de espécies vegetais e umidade elevada constantemente nas paredes, situações que aceleram a degradação da edificação, porém com o planejamento para elevação da edificação pela própria fundação, por pilares ou outro sistema, aliado com beirais estendidos impedem o impacto direto da chuvas e juntamente com as verificações periódicas para manutenção, garantem a estabilidade, durabilidade e evitam o aparecimento de uma série de patologias (SANTANA, 2016).

Parte das desvantagens geralmente associadas à técnica são resultado do não conhecimento do sistema construtivo e da definição da taipa como refém a sua aplicação mais simples e rudimentar, os quais não são características inerentes à técnica ou de uma possível

ineficácia - comprovada pelas diversas qualidades abordadas -. Além de que, as desvantagens reais podem ser contornadas com a análise do processo construtivo em todas as suas etapas, principalmente em seu planejamento, definindo os processos e necessidades, avaliando as misturas, a composição dos recursos que serão utilizados para construção, a execução e os processos de finalização, acabamento e proteção ao sistema.

A autora Santana (2016) afirma que um grande fator para a resistência de construções de terra centenárias até hoje, ocorre por conta da proteção em relação às águas, as misturas com o barro que aprimoram suas características e a sua manutenção. Com o seguimento de medidas preventivas, boa execução, conhecimentos com a técnica e os materiais aplicados, a edificação apresenta seu máximo aproveitamento. O desenvolvimento de mais pesquisas e trabalhos técnicos, podem definir outras reais contribuições desses sistemas e suas melhores aplicações.

#### **4.6. Ensaios de campo**

Como citado anteriormente, o solo não é um recurso padronizado e para o seu melhor aproveitamento precisa ser identificado dentro das condições possíveis de ferramentas, tempo e equipamentos. Os ensaios que serão descritos a seguir, apresentam simplicidade - sem ferramentas específicas e de fácil execução -, rapidez e costumam ser suficientes em pequenas construções, para avaliar e caracterizar a composição do solo local e conferir as misturas mais satisfatórias, a descrição terá como base as ponderações de Brito (2019), CRAterre apud (FERREIRA, 2015), Minke (2011), Santana (2016), Lengen (2002). Os ensaios devem ser feitos com amostras do solo de diferentes posições no terreno, além de diferentes misturas - entre os solos do terreno, quantidade de água e areia -, para que seja possível observar mais características e encontrar a melhor opção. As amostras devem possuir identificação: sua composição e localização de coleta devem ser anotadas para analisar as diferenças e qual se adequa melhor a construção, tal atividade permite avaliar os elementos presentes na terra e suas possíveis características dentro grande diversidade de solos.

- Ensaios sensoriais - definidos por cor, cheiro, gosto e toque
  - Cor

A cor escura normalmente é associada à presença de matéria orgânica, característica do solo superficial, o que não é interessante para a construção - a decomposição dessa matéria não garante estabilidade e coesão -. Os solos pálidos também não são indicados, resultam da presença de areias quartzíticas ou feldspáticas. E os solos marcados pela cor vermelha são associados a níveis elevados de óxidos de ferro e, assim como, o de cor castanha e amarelo-claro, são ambos indicados para a construção.

- Cheiro

O solo com odor intenso a húmus, cheiro de mofo vegetal e decomposição indica a presença de matéria orgânica, nesta situação o odor aumenta com a temperatura e umidade. Se forem observados esses cheiros, esse solo não é adequado para construção pois o barro é puro e inodoro, vale ressaltar que o solo é composto por diferentes camadas e as mais superficiais normalmente apresentam matéria orgânica, então a região da amostra deve ter uma pequena seção escavada para uma melhor avaliação.

- Gosto

Este teste não é recomendável por uma série de razões, no entanto pode permitir a identificação de sais e carbonatos ou outros elementos químicos. O solo adequado com o barro não apresenta sabor e sua textura será mais pegajosa e lisa, já um solo arenoso resulta em uma sensação mais desconfortável e pode-se perceber os grãos de areia.

- Toque

Ao esfregar a amostra de solo úmida entre as mãos, assim como no teste anterior, nota-se a granulometria e a textura, quanto mais áspera e mais grãos, maior é a chance de ser um solo arenoso ou de cascalho, quando plástico ou viscoso e caso seja necessário usar água para limpar as mãos, é predominantemente argiloso. Quando a amostra é pegajosa e, ao secar, seja suficiente apenas esfregar com as mãos para limpar, tem-se um solo rico em silte e argila.

- Ensaios preliminares de qualidade - requerem experimentação e permitem um nível mais avançado de caracterização do solo, a partir da sedimentação, coesão, aderência, brilho e teste do rolo

- Aderência

Ao moldar uma bola de solo pouco umedecida, ensaia-se a resistência e reação à penetração de uma espátula. Se a penetração for difícil e se o solo da amostra aderir à espátula, indica-se um solo argiloso. Se a espátula penetra a amostra com facilidade e sem aderência, pode ser um solo composto por areia, saibro ou cascalho.

- Brilho

Com a mesma bola de solo do teste de aderência - ligeiramente úmida e homogênea -, executa-se um corte com uma faca, dividindo a amostra em duas partes. Se a superfície do corte apresentada for opaca, indica a predominância de silte. Se por outro lado a superfície estiver brilhante, indica a predominância de argila.

- Coesão

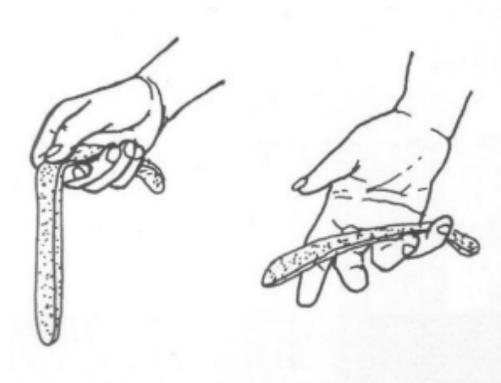
Com a mesma bola de amostra de solo utilizada nos testes anteriores, molda-se uma concavidade, semelhante a uma taça e em seguida deve ser preenchida com água. Se a água for absorvida rapidamente, estamos perante um solo eminentemente arenoso. Se por outro lado, a água não for absorvida facilmente, estamos perante um solo rico em argila.

- Consistência

Forma-se ou se pode reutilizar a bola do teste anterior com 2 a 3 cm de diâmetro e rola-se em superfície para que adquira um formato de cilindro com até 3 mm de diâmetro, caso quebre ou fissure antes de chegar ao diâmetro desejado, deve-se adicionar água aos poucos até chegar aos 3 mm. Depois desse processo, forma-se novamente uma bola com o cilindro, se não for possível, quer dizer que ela é rica em areia e caso a bola seja formada e possa ser esmagada, a amostra é rica em argila.

Outro teste de consistência, é: com uma nova amostra de solo com um pouco de água, molda-se novamente um cilindro, mas dessa vez com um diâmetro aproximado de 2,5 cm e com um comprimento de 20 cm. Depois desse processo, o cilindro começa a ser empurrado para fora da mão - de forma que fique pendurado (Figura 33) - até que se destaque uma parte, se romper igual ou inferior a 5 cm do comprimento, é um solo muito arenoso. Caso se parta com 5 a 15 cm possui argila na quantidade indicada para construção com terra, caso seja superior a 15 cm, possui muita argila e será necessária uma mistura para evitar excesso de retração e fissuras.

**Figura 33 - Demonstração do ensaio com cilindro**

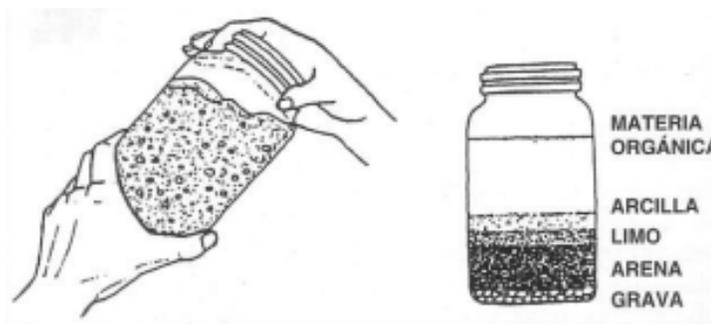


Fonte: Minke ( 2005, p. 28)

○ Sedimentação

Um copo de vidro transparente, deve ser preenchido  $\frac{2}{3}$  com a amostra de terra e completando o recipiente com água e 2 colheres de sal. Depois mistura-se e observa-se a separação dos elementos causada pelo sal. Caso não seja evidente na primeira tentativa, deve-se misturar novamente e deixar repousar por horas. Depois observa-se a proporção na composição da terra.

**Figura 34 - Ensaio de sedimentação**



CRATerre (1979) *apud* Minke (2005, p. 26)

Outros dois ensaios interessantes são: o teste da bolacha de barro, deve-se fazer amostras com misturas de diferentes, variação na quantidade de água, solo e areia, e formam-se pequenas bolachas com 4 cm de diâmetro, depois são colocadas em um ambiente com sombra e abrigadas da chuva para secar por 1 semana. Ao passar esse período, se a bolacha quebrar facilmente e ao ser comprimida se esfarela facilmente, falta argila - não há

coesão - e se demorar para quebrar possui argila. Nesse teste o melhor resultado é o que quebra, mas não esfarela facilmente, ou seja, possui areia e argila de maneira mais equilibrada.

Foram executadas as seguintes amostras, “A” - água e barro argiloso; “F” - Barro, areia fina e água; “G” - Barro, areia grossa e água; “2” - Barro, areia fina e grossa e água; “+” - barro com mais água, as quais podem ser observadas na Figura 35.

**Figura 35 - Amostras do ensaio da bolacha de barro**



Fonte: autoria própria

Após o período de repouso em sombra para secagem, foi realizada a quebra das amostras. Devido ao elevado índice de argila, as amostras apresentaram rigidez a quebra, porém, de acordo com a orientação do ensaio, as melhores após a quebra foram a “F” e a “2”, apesar de poder ser adicionado mais areia para melhor resultado.

**Figura 36 - Amostras rompidas sem equipamentos**



Fonte: autoria própria

Neste outro ensaio, forma-se uma esfera pouco umedecida com cerca de 4 cm de diâmetro. A bola deve ser solta na altura de aproximadamente 1,5 m sobre uma superfície plana. Se a bola achatar e apresentar poucas rachaduras - caso não apresente rachaduras, está com muita água -, a mistura apresenta grande capacidade aglutinante, devido a grande quantidade de argila. Caso a mistura apresentasse pouca presença de argila, não haveria força de ligação suficiente e a esfera quebraria em diversos pedaços, demonstrando que a massa não pode ser utilizada como material de construção.

É necessário o estudo da composição do solo, a partir da análise dos ensaios, para que se possa conhecer o comportamento e como trabalhar com recurso local, definindo quais são os aditivos naturais e misturas mais indicadas para o uso. Também se identifica as diferentes granulometrias - pedregulho, areia, silte e argila -, a relação com a água e o comportamento mecânico, relevantes para a análise da interação com o modo construtivo, para fundações.

Os minerais da argila são grãos finos que têm uma estrutura lamelar em camadas sobrepostas, com adição de água - que funciona como lubrificante -, criando filmes finos entre camadas, o que confere plasticidade, permitindo que a terra constituída por estes minerais seja moldável para esculturas, artesanato e construções. Quanto mais partículas com esse comportamento, maior será a presença de argila, tornando o sistema plástico e trabalhável. Ao evaporar - o que não ocorre completamente, devido a sua capacidade de absorção e a umidade do ar -, as partículas são atraídas, perdendo a plasticidade ao endurecer e adquirindo rigidez e resistência, sem a adição de componentes químicos-industriais, esse processo pode se repetir indefinidamente e por isso é um material que pode ser reutilizado.

Assim como a trabalhabilidade e plasticidade adquirida pela argila, são conferidas a expansão e a retração, seguidas da rigidez ao endurecer. Quanto menor quantidade de água for adicionada, menor a porosidade, então deve-se utilizar uma proporção mínima para que evite retração desnecessária (SANTANA, 2016). Uma terra composta com muita argila tende a ocorrência elevada de rachaduras, que é estruturalmente negativo - mais retrações e fissuras -, e no caso de um reboco a tendência é de que se desprenda da parede em pouco tempo (BRITO, 2019). Com diferentes adições de materiais naturais, verifica-se que as rachaduras podem ser menores, mas devem ser realizadas observando as demais características como aderência, coesão e resistência. O ideal é uma mistura que apresenta rachaduras pequenas e isoladas e não rachaduras em células.

É possível definir os limites de plasticidade e de liquidez, compactação e umidade com os ensaios de laboratório, os quais vão trazer informações mais precisas, ao definir a granulometria com gráficos e peneiras e as diferentes propriedades relacionadas a cada tipo de fração granulométrica. Entretanto, esses ensaios dependem de equipamentos específicos e profissionais especializados.

#### **4.7. Processo construtivo específico para taipa de mão**

O planejamento e projeto devem estar definidos antes do início das próximas etapas, principalmente para o alcance de intervenções construtivas mais sustentáveis. Com os ensaios com o solo, o manejo sustentável do terreno, a escolha das espécies, dos materiais, ferramentas e tratamentos necessários, assim como demais etapas que antecipam o processo construtivo - com qualquer tipologia - visando seu melhor resultado final. Geralmente a técnica da taipa de mão é associada a não utilizar ferramentas como nível, prumo e esquadro, o que não pode ser ignorado para que possa ser obtido a real qualidade estética e estrutural da construção, sem desequilíbrio e desalinhamento (BRITO, 2019).

##### 4.7.1. Fundação

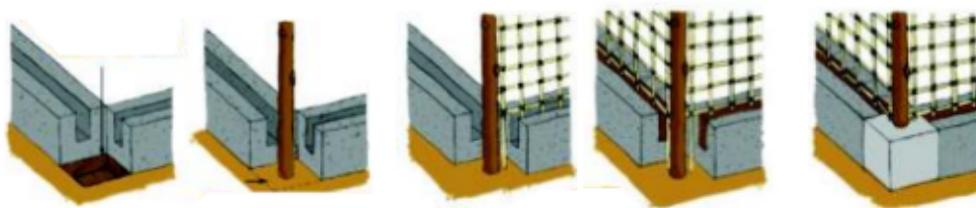
Antes dos primeiros passos específicos da construção, deve-se ter no planejamento que a fundação - apesar de não ser muito comum nessa técnica - representa um fator importantíssimo, responsável por absorver todas as cargas emitidas pela edificação e transferir ao solo - as características do solo e dos elementos construtivos vão afetá-la -. Podem ser de dois tipos: rasas - bloco, pedra, baldrame - com menos de 3 metros de profundidade e com valor superior a três metros são consideradas profundas - tubulões e estacas -, segundo a NBR 6122/2010. Esse elemento é relevante para a resistência aos esforços, proteção da estrutura vegetal e da terra de cobertura contra a capilaridade do solo e para a durabilidade, seja para taipa de mão ou demais construções.

Deve-se proteger a construção da capilaridade do solo, ou seja da umidade ascendente, a qual será muito prejudicial em contato com as paredes de terra, para isso pode-se: elevar a edificação com pilares, permitindo também a ventilação sob a edificação; simplesmente elevar a fundação em ao menos 50 cm ou uma fundação feita completamente

com material impermeável (MINKE, 2005). Durante a execução da fundação, é realizado o posicionamento e estabilização da estrutura vegetal, os pilares e vigas principais - para sustentação do telhado - e demais elementos da trama auxiliar devem ser erguidos e amarrados.

Há diversos tipos de fundações rasas que podem ser sugeridas para a taipa, considerando os materiais disponíveis, as dimensões da edificação, o tipo de solo e a mão de obra. Podem ser fundações: com materiais convencionais, não se configura como alternativa mais sustentável, mas pode garantir a impermeabilização do solo e maior durabilidade (Figura 37); sapata corrida de rochas - por exemplo, com pedra rachão, brita e areia (Figura 38)- ou uma fundação de superadobe ou hiperadobe, ambas protegidas com uma camada de impermeabilizante; radier composto de bambu e concreto que distribui bem os esforços e outra opção é uma fundação de reutilizando pneus velhos combinado com pedras e argila. Os pilares de madeira ou de outro material, devem ser inseridos de maneira que não sejam expostos a umidade do solo e estejam seguros para estruturar a moradia. Ao escavar, é importante realizar uma drenagem do solo para não afetar a construção (NEVES e FARIA, 2011; BRASIL, 2008). Vale enfatizar que a terra da escavação para fundação pode ser utilizada para o barreamento da moradia, sem que seja necessário movimentar a terra de outro local.

**Figura 37 - Fundação com valas de material impermeabilizado**



Fonte: Brasil (2008, p. 33)

**Figura 38 - Construção de fundação com rochas, Santo Amaro/BA**



Fonte: autoria própria

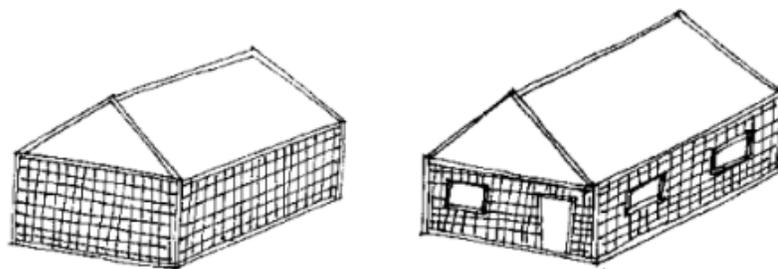
#### 4.7.2. Pilares e estrutura vegetal

As espécies de reflorestamento, como o eucalipto e pinus, apresentam-se como excelente opção pela produção da madeira como material renovável. O bambu, espécie vegetal resistente e de crescimento rápido, além de ser muito diverso e estar presente no trópico úmido, é classificado como outro material bastante indicado para os pilares da estrutura da taipa, os quais são fincados na fundação e sustentam o telhado e a trama (LOPES e INO, 2003, p. 21). A estrutura deve ser planejada e dimensionada previamente de acordo com os esforços que serão submetidos, como o peso do telhado e de outro pavimento, essa questão deve ser orientada por profissionais da área ou indivíduos que possuam experiência na atividade para garantir a segurança da estrutura. O clima tropical úmido dispõe de uma vegetação com várias espécies resistentes, para maior durabilidade, o corte consciente e sustentável deve ser realizado no período da lua minguante e depois a madeira deve secar inicialmente na vertical e depois na horizontal, para ficar arejada (LENGEN, 2002).

As próximas peças vegetais da trama não precisam de tanta atenção na avaliação para os esforços que serão submetidos quanto os pilares dimensionados para estrutura, a responsabilidade principal dessas peças é “segurar” o barro, por isso todas as perfurações e esforços devem ser previstos antes da execução. A trama vegetal pode ser composta com apenas um tipo ou com várias espécies - trabalhando com o que há disponível, sem desmatar e nem retirar a possibilidade das plantas se desenvolverem novamente -. Podem ser vegetais

como galhos de poda, taquara, sabiá, brotos de eucalipto, talos de dendezeiro, manacás, biriba, tais peças possuem dimensões inferiores aos pilares, são colocadas na vertical e na horizontal e, em geral, de secção quadrada com vãos quadriláteros entre 10 a 20 cm de lado, formando um sistema rígido semelhante a uma gaiola - Figura 39 - (CARVALHO e MIRANDA, 2015). O entramado em questão possui gradeado duplo, os elementos auxiliares horizontais são alternados e não paralelos para receber e aderir melhor ao barro se tornando mais estável e melhor armado. O enchimento com o barro preenche o espaço das grades e de acordo com as próximas camadas revestirá completamente a trama vegetal.

**Figura 39 - Representação da trama vegetal**



Fonte: Brasil (2008, p. 32)

A trama constituída com as espécies vegetais juntas, podem ter variações de texturas e espessura - como a madeira, talos de palmeira e o bambu (Figura 40) -, assim como o seu estilo - a variação do espaçamento e em formato xadrez ou diagonal - (LOPES *et al*, 2012). Nesse momento de montagem da trama, devem ser previstos os locais da parede que serão perfurados para prateleiras, esquadrias e quadros, inserindo todas as peças extras de apoio e sem gerar problemas de instabilidade na estrutura final. A amarração da estrutura vegetal pode ser realizada tanto com fibras vegetais e sintéticas, quanto com pregos e arames (Figura 41). Os demais vegetais que constituem a trama - estrutura auxiliar - devem estar estáveis e servirão como apoio para o barro lançado.

O caboclo do sertão constrói sua casa com o bambu ou com os paus roliços, tirados da mata mais próxima. Várias espécies de madeira são adequadas, devendo ser usadas aquelas normalmente encontradas na região. As espécies de reflorestamento apresentam-se como excelente opção, na medida em que as áreas dedicadas a este fim encontram-se, atualmente, em constante expansão, o que facilita o uso da madeira como material renovável. Para fixação dos elementos da malha, utilizam-se cipó, sisal, tiras de couro, prego ou arame, dependendo da maior disponibilidade na região. (LOPES; MATOS; CARVALHO, 2012, p. 139)

**Figura 40 - Trama com peças de bambu**

Fonte: autoria própria

**Figura 41 - Trama quadriculada e pilar**

Fonte: autoria própria

Por se tratarem de recursos renováveis e naturais, as estruturas vegetais são elementos vulneráveis ao ataque de cupins, fungos, algas, fogo e desgaste mecânico, portanto não podem ser ignorados os tratamentos para garantir ainda melhor durabilidade e evitar a redução da sua qualidade. Segundo as orientações de Legen (2002), para ser realizada o corte é mais indicado na época mais fria do ano - menor presença de insetos -, para evitar o apodrecimento dos pilares que estão mais próximos ao solo, extremidade de contato pode ser queimada com fogo brando até ficar escurecido ou pode ser colocada uma lata com bordas curvadas na base do pilar - dificultando o acesso de insetos -.

Devem ser evitados produtos químicos para não contaminar o solo e material, além dos riscos à saúde. O esterco, nata de cal e óleo queimado ou usado, podem ser utilizados em toda a extensão do pilar, pois são outras alternativas que afastam insetos e evitam o apodrecimento. As madeiras também podem ficar imersas em misturas com pimenta, sal, cal e outros componentes que colaboram em sua proteção e a secagem natural, para manter a umidade entre 14% e 20%. As melhores proteções serão aquelas que utilizam dos materiais disponíveis e alinhadas com o clima e o comportamento do material vegetal utilizado, a depender do processo pode demorar horas, dias ou até 2 meses (LENGEN, 2002).

Dessa forma, após a execução da estrutura vegetal principal, pode ser erguida a estrutura do telhado - é projetada como qualquer cobertura em madeira ou outro material disponível - e, com o desenvolvimento da obra por essa ordem, é possível garantir a proteção das paredes da chuva. Sem tal cobertura e com ocorrência de chuvas, o barro da parede não

seca adequadamente e atrasa o andamento da obra, quando realizado, facilita as próximas etapas de lançamento do barro, secagem e revestimento. Vieira (2017) enfatiza os efeitos prejudiciais das águas da chuva nas regiões de trópico úmido, as quais podem ser protegidas com a utilização de beirais compridos e com uma inclinação do telhado que favoreça o rápido escoamento das águas.

#### 4.7.3. Barro: misturas e fermentação

**Figura 42 - Recobrimento da estrutura vegetal**



Fonte: Fernandes (2006, p. 23) *apud* Carvalho *et al* (2015)

O barro para cobertura da trama vegetal depende do tipo do solo, da utilidade que será aplicado e da composição da mistura final. É retirado abaixo da camada superficial do solo, para evitar impurezas, como gravetos e materiais em decomposição, além de um grau de umidade satisfatório, a camada superficial contém muita matéria orgânica que pode afetar a resistência final da construção. As diversas propriedades da terra variam pelo seu processo físico-químico de deterioração das rochas, atribuindo condições de cor, textura, densidade, coesão e plasticidade diferentes, é possível identificá-la com ensaios simples de campo citados anteriormente e complementar o barro com misturas que lhe atribuam características aprimoradas, além da estabilidade às mudanças climáticas, deve ser compatível com a estrutura vegetal e possibilitar o aspecto estético interessante para os moradores (NITO, 2015).

Para a confecção das técnicas mistas a composição granulométrica mais apropriada para o enchimento, contém grãos finos e uma porcentagem de argila suficiente para dar plasticidade à mistura - atribui uma boa coesão e funciona como ligante natural - e uma boa

aderência com as fibras e com o entramado (NEVES; FARIA, 2011). De acordo com Minke (2005), os solos que possuem a maior composição de areia - em torno de 70% -, mas com a presença de argila - 30% - podem ser usados diretamente, porém se apresentam os torrões de terra - possuem muita argila - devem ficar submersos até atingir um estado plástico que permita ser adicionado a areia e demais componentes. A mistura para o barreamento não se limita apenas areia, água e argila, mas podem ser adicionados diversos materiais naturais que vão colaborar com a estabilização da terra e agregar em diversos benefícios para o acabamento e qualidade da técnica (SANTANA, 2016).

A correção granulométrica pode aprimorar os solos que não se encaixam dentro da porcentagem citada anteriormente, caso seja necessário adicionar mais solo arenoso ou um argiloso, assim como se o solo apresentar elementos grosseiros que podem ser peneirados e retirados. Podem ser encontradas variações de comportamento do solo em um mesmo terreno e por isso é relevante a execução dos ensaios. Utilizar o solo local com elementos que promovam sua estabilidade é melhor do que transportar um solo de outra região, seja pelo custo, energia e volume necessário (FERREIRA, 2015). A mistura das matérias-primas permite obter um material leve, permeável ao vapor d'água e com características elásticas necessárias para absorver os movimentos da estrutura dinâmica, dentre as adições naturais possíveis, os autores Neves e Faria, (2011); Minke (2005); Canteiro e Pisani (2006); Legen (2002); Lopes e Ino (2003); e Brasil (2008), citam:

- Argila
  - Como citado anteriormente, a argila será o principal elemento para garantia da coesão, permitindo a aderência das demais fibras na mistura. Uma composição muito elevada de argila, de acordo com a natureza geológica e a diversidade desse tipo de solo, pode causar a sua expansão, retração e instabilidade da terra resultando em muitas fissuras e trincas após a secagem. Entretanto uma terra com pouca argila - inferior a 20% - pode não aderir a trama vegetal, em caso de baixo teor, buscam-se elementos que colaboram na aderência, como a argila pura e pó de argila de indústrias cerâmicas próximas.
  
- Areia

- A areia se classifica como o componente estável da terra, evita que a parede ao secar, apresente trincas e retração. Como na construção convencional e industrializada, não é utilizada areia do mar, sendo indicado o uso de areia de rio, as areias mais grossas são utilizadas para paredes/muros e as mais finas (0,25 a 1 mm) para o acabamento estético.
- Minke (2005) cita que pode-se observar qual a melhor areia com um simples ensaio com as amostras e diferentes copos de vidro com água, ao misturar e deixar descansar, torna-se observável a mais limpa e mais indicada, caso seja necessário peneirar utiliza-se uma tela de arame galvanizado.
  
- Silte
  - Elemento de transição entre areia e argila, ele é suscetível às variações de volume na presença de água e não apresenta muita coesão, diferente da argila. Uma parede com excesso de silte pode degradar-se com a umidade. Sugere-se que a quantidade de silte não seja superior a 30%.
  
- Esterco
  - Principalmente o esterco de gado bovino e equino, podem ser incluídos na mistura para redução da retração e maior resistência por conta da presença das fibras, pode ser considerado a um cimento natural, conferindo uma excelente resistência à abrasão, durabilidade, certa impermeabilidade e protege a parede de ser perfurada por insetos, como cupins e barbeiros.
  
- Fibras
  - Se há capim, feno, palha de trigo ou de cevada no terreno da obra, pode ser realizada a poda - cortadas entre 5 cm e 10 cm - e aproveitar esse resíduo como componente da mistura de barro, tal adição atribui qualidades como na estabilidade; permite a evaporação da água da mistura de maneira homogênea; melhora a aderência do barro na trama; evita a fissuração; resiste às deformações elásticas da estrutura de madeira - ductilidade -; produz vazios no barro que o torna mais leve e ajuda nas solicitações sísmicas, além de melhorar o isolamento térmico.

- O agave é uma planta que pode ser achada facilmente e com ela pode-se obter a fibra do sisal, essa fibra pode ser utilizada na composição da mistura para reduzir fissuras, como também pode ser útil para as amarrações da estrutura de madeira. Para avaliar se o agave está no ponto para confeccionar o sisal, deve ser dobrada a ponta da folha, se ela não quebrar e retornar para o ponto inicial, está boa, corta-se a folha e aproveita-se a fibra. Devem secar por um dia até endurecer - a fibra fresca possui uma seiva que faz mal a pele, depois de seca não há esse problema - quando for utilizada deve ser molhada para voltar a ser flexível.
- Óleo
  - A reutilização do óleo queimado torna a mistura mais resistente à umidade, o que vai garantir uma maior durabilidade para a estrutura. Também possibilita a reutilização de um resíduo que seria descartado e impede a invasão de cupins, mas pode ser necessário realizar a manutenção fazendo novas camadas, então em áreas que não são visíveis e/ou de fácil acesso devem ser protegidas com outra estratégia. A gordura da pia e a água da lavagem dos pratos e utensílios de cozinha podem ser inseridas, como em experiências observadas na Bolívia, as quais se mostram positivas para a fermentação da mistura (OJUARA, 2021).

Há também outras adições possíveis, como os agregados graúdos para incrementar a resistência à compressão - devem ser umedecidos antes da adição -; para aprimorar o isolamento térmico e a redução da retração podem ser incluídos os seixos rolados, serragem, lascas de madeira, cascas de grãos, cortiça, argila expandida, algas marinhas - devido a leveza e porosidade - ; Para reduzir fissuras podem ser adicionadas fibras de coco, pelos de animais e tiras de bambu, por incrementar a coesão da mistura e por parte da água ser absorvida. Como impermeabilizante natural podemos adicionar óleo de coco, azeite de oliva, urina de cavalo ou sumo de cactos. Este último, é utilizado pelos povos indígenas do México, além da impermeabilização, gera maior aderência, aumenta a adesão das partículas de barro e torna mais resistente a umidade. Para preparar o sumo de cactus, é necessário um balde com água e cactos picados, depois de uma semana deve-se coar, acrescentar um pouco de sal à mistura e poderá ser utilizado. Por fim, outros materiais que podem ser adicionados para maior

estabilidade são as folhas de bananeiras e óleo de linhaça cozido (BRITO, 2019; MINKE, 2005).

A partir de ensaios com o solo local e as diferentes combinações entre as adições citadas, é escolhida a mistura mais adequada e que garante mais benefícios com os materiais disponíveis, o processo de misturar os componentes também é relevante, com a mesma composição, porém processos diferentes, serão obtidos resultados diferentes. A quantidade certa de água - deve estar entre 9% até 17% -, a adição e movimentação para união de todos os elementos da mistura, além de uma boa “cura”, são as etapas que conferem a maior coesão, menor deformação da mistura e menor tendência a fissuras. Nesse caso a “cura” não se trata do mesmo processo que é realizado na construção convencional - no qual a peça de concreto é umedecida durante o endurecimento e ganho de resistência para evitar fissuras -, o processo que ocorre na construção com terra é conhecido como “cura”, “fermentação”, “azedar” ou “dormir”, nessa etapa a mistura de barro com as adições fica repousando coberta com plástico ou palha em abrigo protegido da chuva. Alguns autores citam que leva cerca de 12 a 14 horas, porém Legen (2002) admite que o barro deve repousar por 3 dias.

Essa atividade permite o aumento da coesão da mistura - quanto maior o tempo, maior a coesão - por conta da atração eletroquímica entre os diferentes minerais argilosos que geram uma estrutura compacta e ordenada, além da reação com os demais elementos presentes. Após essa etapa a mistura é movimentada novamente realizando o amassamento com os pés descalços ou mãos - execução mais simples, mas pode ser feito com máquinas -, a operação será finalizada com o alcance de uma mistura homogênea e está pronta para a aplicação (MINKE, 2005; LOPES e INO, 2003).

#### 4.7.4. Barreamento

Após a amarração da trama e com a massa de terra previamente preparada e curada - a depender da camada que será realizada, às adições inseridas podem ser variadas para melhor acabamento -, a mesma é transportada até o local do seu lançamento - com carrinhos de mão ou com uma lona coberta pela mistura -. Nesse momento a trama deve ser umedecida para que o barro tenha melhor aderência, além de que a primeira camada nessa técnica mista - que de fato preenche a trama vegetal - será a mais robusta e densa, entre 8 a 12 cm, dependendo da espessura da estrutura de madeira (Figura 43). Para o processo do barreamento, considerando

a disponibilidade de pessoas para ajudarem, uma pessoa se posiciona na parte interna da edificação e a outra na parte externa e dessa forma lançam o barro sem muita força para não espalhar e desperdiçar a mistura, mas em movimento sincronizado - nessa etapa surgem os nomes como “taipa de mão” e “sopapo” -. Caso o construtor realize a cobertura com o barro sozinho, da mesma maneira deve se concentrar em prensar energicamente a mistura contra o entramado e garantir o seu preenchimento interno um lado da parede de cada vez, porém dessa forma é menos eficiente dependendo de mais tempo para execução (LOPES e INO, 2003; OJUARA, 2021).

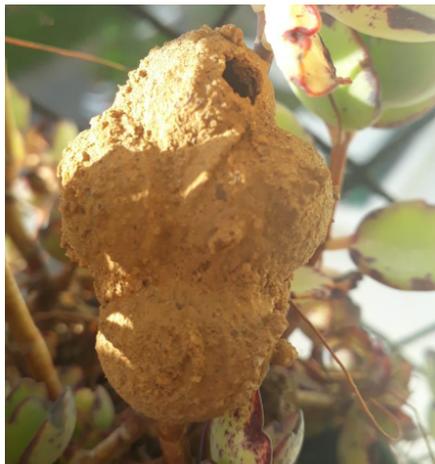
**Figura 43 - Preenchimento interno da trama com primeira camada**



Fonte: autoria própria

A mistura é lançada semelhante ao processo de construção executado pelos animais e insetos (Figura 44), inicialmente pelas laterais, chegando ao centro e subindo pela extensão da parede, dessa forma a mistura mais próxima à fundação cria maior estabilidade para o lançamento em maior altura, o que cair após o lançamento, pode ser lançado novamente. O tempo de secagem de uma parede com 10 a 15 cm de espessura, pode levar de 1 a 3 semanas, variando em função das condições climáticas locais, depois desse período a parede pode receber as próximas camadas (CANTEIRO e PISANI, 2006; OJUARA, 2021).

**Figura 44 - Abrigo com terra produzida por insetos**



Fonte: autoria própria

#### 4.7.5. Revestimentos

As camadas seguintes são denominadas de reboco, o qual deve garantir durabilidade, elasticidade e torna a parede mais resistente ao intemperismo, os rebocos também serão de terra aproveitando a aderência por meio do relevo e porosidade do material, sem perder a capacidade de troca de ar e absorção do vapor de água. Na mistura para o reboco também não é necessário inserir adições industrializadas, mas na primeira camada são adições mais densas e podem ser inseridas fibras mais compridas e no caso do reboco agregados com menor granulometria para menor relevo e podem ser reduzidas a quantidade de fibras.

O processo é iniciado pela limpeza de pó da primeira camada seca e o umedecimento da mesma, em seguida é aplicada a camada de reboco - a textura é mais líquida que a primeira camada - e dessa vez com maior preocupação em cobrir as trincas e a estrutura vegetal ainda exposta, o movimento de aplicação da mistura se trata de espalhar com as mãos e empurrar contra a parede preenchendo as fissuras e penetrando nos poros. É indicado que seja realizado ao menos dois rebocos, com espessura final entre 2 a 4 cm e vale recordar que com acabamento com ferramentas, como com uma desempenadeira, pode-se alcançar uma aparência final idêntica às construções convencionais, já sem ferramentas atinge um resultado mais orgânico e com leve relevo (NEVES e FARIA, 2011). Estas etapas podem ser melhor compreendidas, observando-se a Figura 45.

**Figura 45 - Revestimento convencional em edificação de taipa de mão**



Fonte: Neves e Faria (2011, p. 74)

No caso das áreas molhadas, deve-se ter um cuidado muito maior com a umidade no processo de confecção das paredes e pisos, segundo Minke (2005) os banheiros com paredes de barro são mais higiênicos por absorverem rapidamente a umidade, o tempo de absorção do vapor de uma parede de barro chega a ser 10 vezes menor que uma com cerâmica - esse controle de absorção evita fungos -, porém as paredes de barro não podem receber respingos e umidade diretamente. Portanto, nos ambientes que estão em contato direto com a água - pias e Box do banheiro - devem ter uma proteção impermeável, ou seja, devem ser confeccionadas misturas específicas para essas áreas, como alternativas mais naturais pode ser inserido o máximo de adições naturais que aumentam a impermeabilização - azeite, óleo, sumo de cactos -, entretanto - considerando um banheiro convencional e interno - é possível que seja necessário a adição de algum tipo de aglomerantes e aditivos industrializados que garantam que a água não penetre - como 1 terra argilosa:2 cimento:3 areia ou mais leve 1 cimento:12 terra -; a parede de barro pode ser feita normalmente, mas coberta com uma tinta industrializada e que gere a impermeabilização ou as áreas que recebem respingos podem ser construídas em materiais convencionais. As alternativas que incluem materiais industrializados não são as mais sustentáveis, vão selar a parede e impedir sua respiração - evitando uma série de qualidades relacionadas à técnica -, porém podem garantir maior qualidade e, quando em pequena quantidade, de maneira mais simples, sem equipamentos e sem maior investimento na moradia (BRITO, 2019).

Posteriormente à secagem dos rebocos, deve ser realizada a pintura com tinta de terra - que possibilita conservar todas as vantagens da terra, sem produtos industrializados e perigosos à saúde -, ela funciona como um reboco mais fino, com a intenção principal em acabamento, impermeabilização natural e cor. Uma camada interna e duas externas são

suficientes para uma boa cobertura com proporção de por exemplo 4 terra:1 cola branca com a adição de óleo ou azeite usado e água, mas estes últimos são inseridos de acordo com a necessidade para alcançar o efeito líquido semelhante a tinta de parede convencional, nesse momento podem ser misturados pigmentos minerais ou corantes naturais - açafreão, jenipapo, urucum - considerando que a tonalidade provavelmente ficará mais clara ao secar, também podem ser escolhidas vegetais para impressão na parede (OJUARA, 2021; NEVES e FARIA, 2011).

Neves e Faria (2011) comentam que a utilização de pintura com cal é positiva devido à proteção contra umidade, abrasão física e inibir o desenvolvimento de colônia de insetos, sem selar a superfície e impedir a troca de ar da parede. O material pode ser utilizado em conjunto com o sumo de cactos e sal de cozinha - 1 colher para cada 20 litros - facilitando o trabalho e aderência, entretanto a pintura com o óxido de cal ou a cal parcialmente hidratada depende de muitos cuidados com a adição de água e com o uso, que deve ser avaliado se realmente é necessário já que a pintura natural supre a necessidade sem retirar as propriedades térmicas, acústicas e o controle de umidade da técnica construtiva. Essas camadas de reboco e tinta geram o melhor acabamento, cobrindo todas as fissuras, impedindo que possibilitem alojamento para animais, além de proteger a estrutura e moradia da ação do tempo, se tornando mais resistente e sem soltar poeira (OJUARA, 2021).

Para o piso, deve-se refletir que tal ambiente está suscetível à abrasão, podem ser confeccionados desde pisos mais simples e tradicionais de terra apilada - 2 camadas compactadas e uma camada de barro com palha - ; piso de barro lavável; argamassa de barro com impermeabilizantes naturais - sumo de cactos, óleo de coco, azeite -; argamassa de barro com aglomerante industrializado, acabamento semelhante ao “cimento queimado” ou mesmo o assentamento de peças cerâmicas reutilizadas - semelhante ao mosaico (Figura 46), para menor custo e redução de resíduos - em argamassa de barro com cimento, é mais indicado para as áreas molhadas (OJUARA, 2021). Minke (2005) cita um piso moderno e simples com 1 camada de agregado graúdo, 1 camada de impermeabilizante, 1 camada de barro leve com adições minerais, 1 camada de argamassa de barro com até 4% de cimento e adição de óleo de linhaça para melhor resistência.

**Figura 46 - Mosaico com cerâmicas coloridas**



Fonte: <https://br.pinterest.com/>

## 5 ATIVIDADES PRÁTICAS

### 5.1. Visita técnica e entrevista com bioconstrutor informal

Em 10 agosto de 2021, foi realizada uma entrevista - se encontra na íntegra no Apêndice A - com o Bioconstrutor e Morador de uma casa de taipa de mão contemporânea, Ojuara, no Sítio Terra Estelar na comunidade Colmeia em Simões Filho/Bahia - terreno que havia sido desmatado, porém atualmente há diversas espécies e a produção orgânica para subsistência - . O conhecimento do entrevistado sobre as técnicas de construção com materiais naturais é resultado de uma série de experiências em diversas viagens no qual exerceu trabalhos voluntários com foco em Bioconstrução e Permacultura, apesar de não se considerar especialista na área possui o conhecimento necessário para construção de diversas técnicas como, por exemplo, a taipa de mão, taipa de pilão e COB, além da formação técnica em Elétrica (OJUARA, 2021).

O enfoque da entrevista foi adquirir informações de uma pessoa que decidiu construir sua moradia em taipa - diferente dos casos em que a taipa é citada como a única opção de baixo custo - para dessa forma conhecer outros processos relacionados a moradia, qualidade de vida e experiência construtiva que não são citados nos materiais científicos, suas vantagens e desvantagens. O processo foi registrado com fotos e gravação com a autorização prévia do entrevistado.

A taipa de mão foi escolhida, como foi descrito por Ojuara, por ser a mais indicada para a região, por conta das condições climáticas - trópico úmido -, a disponibilidade de materiais e por ser uma técnica tradicional na Bahia e no Nordeste - contribuindo para preservação cultural -. A construção não foi orientada nem acompanhada por técnicos formais da área da construção civil, mas houve a colaboração de quilombolas do Quilombo Dandá em Simões Filho/Ba, os quais possuem a sabedoria e a consciência construtiva na execução da técnica transmitida por gerações.

A moradia foi construída há 5 anos, em apenas um pavimento em torno de 20 m<sup>2</sup> e sem divisórias entre os cômodos - quarto e cozinha -. A casa foi projetada de acordo com o interesse dos moradores, seguindo as preferências e as condições específicas estabelecidas, quando foi decidido que instalações elétricas seriam embutidas nas paredes (Figura 47), um

banheiro seco externo e sem instalações hidráulicas dentro da residência para evitar qualquer tipo de preocupação com a umidade (OJUARA, 2021).

**Figura 47 - Interruptor embutido na parede de taipa de mão**



Fonte: autoria própria

A habitação possui fundação com pedras da região e sem cimento. O telhado foi construído em seguida da fundação para que a obra fosse mais dinâmica e o barreamento não fosse atrapalhado por eventuais chuvas. Os pilares estruturais e madeiramento da cobertura - estrutura principal - foram em sua maioria compradas, por serem regulares e por facilitar o trabalho. Com a participação de três pessoas, foi necessário cerca de 1 mês para a construção da estrutura. Para a trama foram utilizadas as madeiras Sucupira e Biriba pela grande quantidade presente na região - sem impedir que a espécie vegetal continuasse a se desenvolver - e quando a disposição sustentável da madeira acabou, foi substituída por talos de dendê (OJUARA, 2021).

O processo do barreamento da obra contou com o mutirão de voluntários - quanto maior a participação de voluntários, mais rápido será a execução. Para a preparação do barro foram testados diferentes misturas até se encontrar a mais indicada, o que resultou na composição de barro com cinzas, palha, terra de galinha, gordura da pia e água da chuva - apesar do esterco e outras adições positivas, não foram colocadas por não serem encontradas na região -, depois a mistura descansou no processo de fermentação. Após a cobertura inicial e mais densa da trama, foram realizadas duas camadas de reboco e futuramente as duas coberturas de tinta natural de terra - até o momento da visita não havia sido feita em toda a

casa, deve ser feita em toda a extensão em um único dia para evitar novos alojamentos de insetos - (Figura 48). O piso selecionado, para a parte externa foi realizado com mistura de barro e cimento e na parte interna foram colocadas peças cerâmicas pela preferência na época da construção, mas o entrevistado apresenta interesse em testar o piso de barro apilado (OJUARA, 2021).

**Figura 48 - Parede pintada à esquerda e sem tinta à direita**



Fonte: autoria própria

De acordo com o entrevistado, todos os processos citados foram executados em um período de 2 meses. A obra contou com a reutilização das telhas cerâmicas no telhado, aproveitamento das garrafas de vidro na parede para iluminação (Figura 49) e o óleo usado na composição das tintas e para a impermeabilização das peças de madeira. Em relação à preocupação relacionada à umidade ascendente - a habitação não foi elevada -, foram construídas pequenas valas ao redor da casa para direcionar a água da chuva para longe da construção e os beirais possuem dimensão entre 1 metro. Ao ser questionado sobre o agravamento de problemas respiratórios - afirmação muito relacionada à técnicas construtivas com terra como a taipa e o adobe - Ojuara relata que possui diagnóstico, antes da mudança para o sítio, de adenóide, rinite e sinusite, mas que em sua habitação essas questões não são pioradas, acredita que os possíveis problemas respiratórios atrelados podem ser devido à ausência de pintura e de selamento adequado (OJUARA, 2021).

**Figura 49 - Inserção de garrafas de vidro na parede, vista interna e externa**



Fonte: autoria própria

Enfatiza que o verdadeiro potencial da técnica da taipa de mão não se trata dessa imagem de uma casa com muitas fissuras, associada ao inseto barbeiro e uma moradia abandonada/provisória, mas sim uma técnica positiva, sustentável e pode ter um acabamento final semelhante a uma construção convencional - se assim for desejado, basta utilizar ferramentas na execução dos revestimentos -. Para a garantia de sua qualidade ao longo do tempo, são necessárias revisões periódicas para observar se depende de alguma interferência - nova pintura, em caso de surgimentos de fissuras, com essa atenção, a durabilidade da técnica pode ser considerada como indefinida/eterna - assim como em qualquer outra construção - . A moradia não apresenta problemas patológicos e nem outras questões que geram insegurança ou possíveis riscos de acidentes (OJUARA, 2021).

## **5.2. Barreamento da estrutura do banheiro seco**

Na mesma visita técnica, a pesquisadora participou da execução da primeira camada do barreamento das paredes do banheiro seco externo - entre 4 m<sup>2</sup> de área -, apesar de ser a mesma técnica, a fundação escolhida foi com materiais convencionais industrializados. Na Figura 50 observa-se a “piscina”, local no qual foi retirada base do barro para a casa e também para o banheiro, com os devidos componentes adicionados e fermentados por certo período de tempo. Para o preparo da aplicação do barreamento, a “piscina” não tinha cobertura e acumulou bastante água devido às chuvas (Figura 50), a primeira etapa foi retirar o excesso de água e depois foi misturá-la com os pés (Figura 51), ao chegar no estado

homogêneo e denso, é coletado com o balde e transportado para o local de lançamento. Nessa experiência prática foi possível observar detalhes da trama (Figura 52), da amarração, das esquadrias, do processo de mistura - com os pés e ferramentas - e do lançamento, como pode ser observado nas seguintes fotos:

**Figura 50 - Piscina de barro com muita água**



Fonte: autoria própria

**Figura 51 - Mistura com pés e ferramentas**



Fonte: autoria própria

**Figura 52 - Detalhes da Trama do banheiro seco**



Fonte: autoria própria

Inicialmente, uma lona foi colocada no chão para facilitar o transporte e limpeza pós o barreamento (Figura 53). Para iniciar o lançamento, a trama é umedecida para garantir melhor aderência ao barro que será lançado. Na Figura 54, pode ser observado como foi orientado o processo do lançamento - inicialmente pelas laterais e depois para o centro, o barro da lateral

sustenta a camada central -. Neste momento não há preocupação com um acabamento liso, as ondulações vão contribuir na aderência das próximas camadas (Figura 55).

**Figura 53 - Lona com mistura de lançamento**    **Figura 54 - Lançamento da lateral para o centro**



Fonte: autoria própria



Fonte: autoria própria

**Figura 55 - Textura após lançamento da primeira camada**



Fonte: autoria própria

Ao cair parte do barro lançado, como ocorreu na Figura 56, é possível jogar novamente e o barro adere ao resíduo que ficou no entramado. A cobertura das paredes não foi finalizada no momento da visita - em torno de 3 horas de execução -, o que demonstra a necessidade de muitas pessoas participarem para acelerar o processo. Um ponto relevante para ser enfatizado é que dentre a maioria dos voluntários - assim como a pesquisadora - nunca haviam realizado uma atividade em bioconstrução ou especificamente na taipa de mão;

algumas crianças também participaram com a observação dos pais e sem serem submetidos a esforços ou risco a sua saúde. Pode ser observada a aparência final do primeiro lançamento ainda úmido na Figura 57.

**Figura 56 - Parte da mistura úmida descola da parede**



Fonte: autoria própria

**Figura 57 - Aparência da parede após lançamento**



Fonte: autoria própria

Após a prática em uma construção real, mais ainda com o intuito de compreender o processo de execução prática das demais camadas da técnica, foi realizada uma simples representação de parede (0,025X0,15X0,30m). Composta por uma trama de bambu - foram

utilizados pequenos galhos que caíram naturalmente -. Na Figura 58, observa-se que no centro da trama há uma diferença de dimensão entre os demais elementos verticais por ausência de uma peça semelhante, porém a mesma não interferiu no barreamento e no resultado final.

A trama foi amarrada com fibra vegetal, com as peças de maior dimensão formando uma moldura e as demais verticais e horizontais - intercaladas - (Figura 58), assim como a variação de dimensão dos galhos de bambu, o excesso da fibra vegetal não prejudicou o resultado final. Em seguida foi realizado o barreamento da primeira camada, foi utilizada a mistura “2” realizada no ensaio da bolacha de barro (Figura 59), composto por barro, areia fina, grossa e água com adição de palha. Ao secar apresentou diversas fissuras (Figura 60), provavelmente devido à grande quantidade de água e argila na mistura.

**Figura 58 - Trama com galhos de bambu**



Fonte: autoria própria

**Figura 59 - Após o lançamento com a mistura**



Fonte: autoria própria

Na Figura 60, pode-se observar a camada mais densa e na Figura 61, há as três camadas representadas - a primeira camada, o primeiro reboco e a primeira camada de tinta natural, é possível notar que houve grande redução de fissuras com apenas a primeira camada de reboco e que com diferentes argilas entre a primeira camada e o reboco, se obtém diferentes cores para as paredes que ao secar perdem um pouco da sua tonalidade. Outra questão percebida foi com a tinta natural, a mistura utilizada foi composta com azeite de dendê usado - material disponível - e apesar de ser viável para utilização, apresentou um odor desagradável durante o processo, porém com o ambiente ventilado e ao secar completamente, o odor desapareceu completamente da parede.

**Figura 60 - Maquete após primeira cada seca**



Fonte: autoria própria

**Figura 61 - Três camadas da maquete**

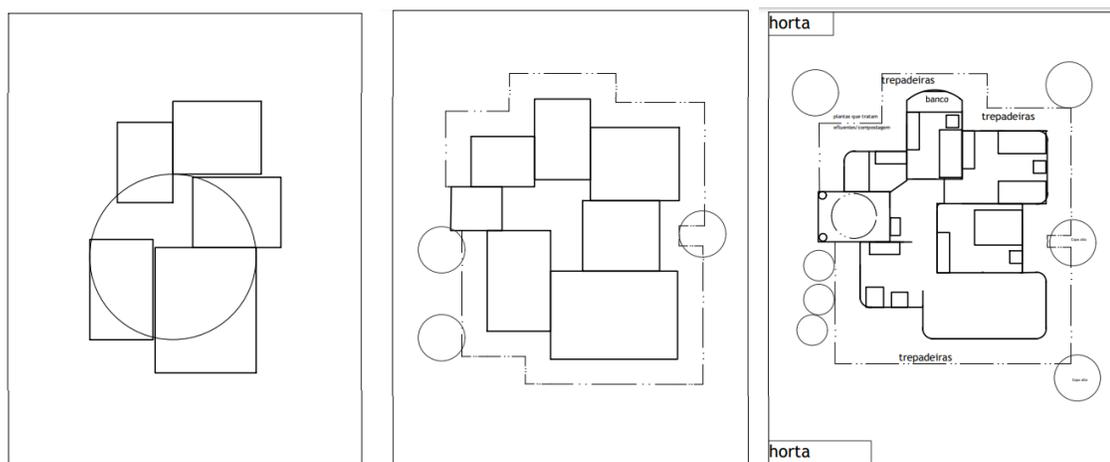


Fonte: autoria própria

## 6 PROJETO ARQUITETÔNICO UNIFAMILIAR EM TAIPA DE MÃO

Após a incursão na temática e a aquisição de repertório técnico e projetual quanto à tipologia construtiva da taipa de mão, este tópico apresenta a proposta de um projeto de habitação para população rural de baixa renda com sugestões construtivas de baixo custo e sustentáveis. As alternativas foram definidas em busca da integração das temáticas abordadas com as especificações e orientações, incorporada pela representação em 2D, por meio do *software* AutoCAD, por meio das plantas baixas, cortes e fachadas. Além disto, foram descritas as motivações e alternativas definidas como mais eficientes para o estudo em questão, abordando os procedimentos ligados a técnica, a reutilização de materiais, iluminação natural e saneamento, complementadas por imagens e esquemas que colaboram na compreensão das sugestões. A Figura 62 representa os croquis do processo criativo do projeto, incorporando um formato orgânico e distribuindo as ideias planejadas inicialmente.

**Figura 62 - Croquis da proposta arquitetônica**

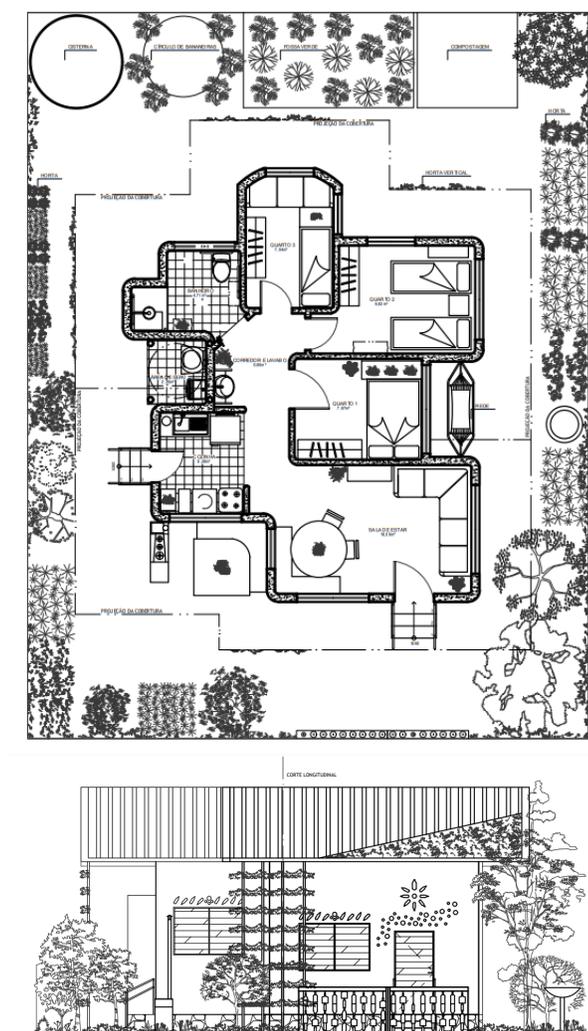


Fonte: autoria própria

Ao considerar a dificuldade das comunidades de baixa renda no acesso aos programas habitacionais e o auxílio de profissionais da área por conta de custo e tempo, apesar da existência da Lei nº 11.888/2008 - LATHIS -, há uma série de impedimentos que não viabilizam a execução em todos os casos, como o não conhecimento da lei, zonas afastadas de áreas urbanas e ausência de regulamentação fundiária. Para o trabalho em questão, é proposto um proposta habitacional, representado pelo projeto arquitetônico - pode ser visualizado em detalhes no Apêndice B -, visando a autoconstrução sustentável com a técnica da Taipa de

mão e a descrição de sugestões para aplicação do estudo em uma realidade específica, o que pode ser realizado de maneira simples, com o que há disponível, buscando o mínimo de impactos negativos ambientais e de custo, na Figura 63 pode ser observada a planta baixa do pavimento térreo e sua respectiva fachada principal.

**Figura 63 - Planta baixa e sua respectiva fachada principal**



Fonte: autoria própria

As alternativas construtivas estabelecidas partem da predisposição dos materiais de maneira sustentável e que o construtor possua algum conhecimento construtivo, seja pela transmissão oral ao longo das gerações e sabedorias locais, pesquisas na internet e embasamento teórico, formação técnica ou a união de todos. Quando possível, o acompanhamento ou orientação técnica durante a construção, será de grande importância -



A implementação da moradia piloto é definida compondo uma pequena Vila Sustentável de baixa renda com área total 1.000 m<sup>2</sup>, com o terreno designado para moradia de 252 m<sup>2</sup> (14x18) e a habitação possui 70,37 m<sup>2</sup> em um único pavimento com 3 quartos, sala, cozinha, área de serviço, banheiro, corredor e lavabo, projetado para uma família de 5 pessoas. As restrições de uso e ocupação do solo - devido à dificuldade de encontrar dados referentes às cidades que compõem o Recôncavo Baiano - foram definidas de acordo com ZPR-6 da cidade Salvador/Bahia (SALVADOR, 2017), segundo os dados de base:

Coeficiente de Aproveitamento Básico Residencial: 2;

Coeficiente de Aproveitamento Máximo Residencial: -;

Índice de Permeabilidade: 0,20;

Índice de Ocupação: 0,60;

Lote Mínimo de 125 m<sup>2</sup>;

Testada Mínima de 5,00 m;

Recuo frontal 2,00 m;

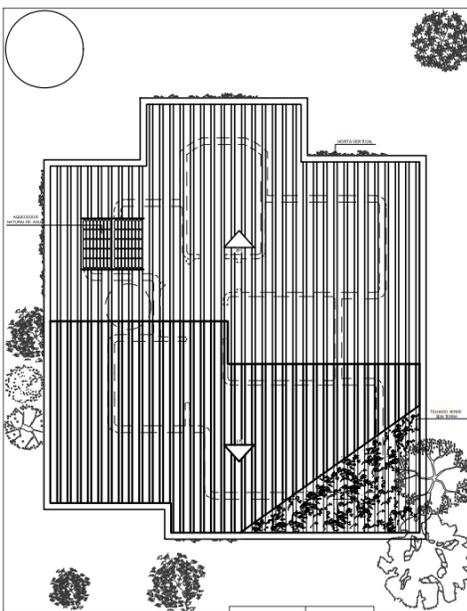
Recuos laterais 1,50 m;

Recuo fundo 2,00 m.

Como citado ao longo do trabalho, o primeiro passo para uma construção com viés sustentável se baseia no bom desenvolvimento do planejamento e projeto, definindo as etapas antes da execução, durante a obra, futuros reparos e a manutenção. A partir dessa organização, podem ser melhor delineados os processos, avaliando as etapas para execução, equipamentos, mão de obra, evitar desperdícios e perdas, além da estimativa de tempo e custo - tópicos extremamente relevantes considerando a extensa jornada de trabalho da grande parte das comunidades de baixa renda -. Para a técnica da taipa de mão e as construções sustentáveis, envolvem análise do terreno - rugosidade, construções e relevo -, os ensaios com o solo, recolhimento e preparo dos materiais disponíveis, preservação da vegetação nativa - a construção, se possível deve-se localizar no ambiente mais desmatado do terreno, em casos de interferência na vegetação nativa, a mesma pode ser colhida e plantada em outras áreas (Figura 65). Deve-se preparar a coleta e separação dos itens que serão reutilizados, como garrafas de plástico, de vidro e pneus. A construção de baixo custo por meio da

autoconstrução não devem ser associadas ao aspecto estético simples, o qual pode ser elaborado de diversas maneiras, considerando o tempo, custo, funcionalidade e aprovação dos futuros moradores, tanto a taipa de mão como diversas outras técnicas, permitem a personalização e dessa forma a valorização da moradia de maneira independente (REZENDE *et al*, 2017).

**Figura 65 - Implementação em planta do projeto no terreno**



Fonte: autoria própria

## **6.2. Atividades construtivas sugeridas para a proposta**

### **6.2.1. Fundação**

A fundação pode ser realizada com diversos materiais, no projeto em questão será a fundação rasa, por conta da habitação possuir apenas um pavimento e pela estrutura ser simples e leve, o principal esforço da fundação será o telhado, portanto o peso dos seus materiais definirá se deve ser mais reforçada ou não. Para essa etapa, além de avaliar os materiais disponíveis, sua estrutura deve ser dimensionada e detalhada. A proposta habitacional considera a opção da fundação simples com pedras e depois coberta com uma camada de argamassa de barro e cimento (Figura 66) - de maneira que garanta a

impermeabilização - ou com pedras de diferentes tamanhos ensacadas em sacos de linhagem apilado - semelhante à técnica do superadobe -.

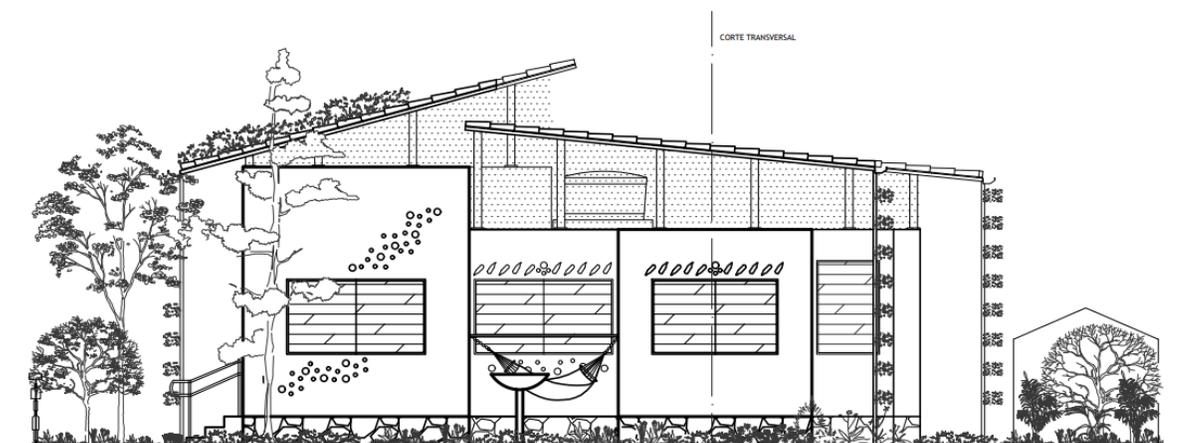
**Figura 66 - Construções com terra e com fundação de pedras elevadas**



Fonte: <https://br.pinterest.com/>

Para garantir maior proteção das paredes contra a umidade ascendente, segundo a orientação de Legen (2002) a fundação deve ser elevada ao menos em 50 cm acima do solo e estará sob toda a estrutura das paredes, inclusive nas internas (Figura 67). Tanto para a areia quanto para o cimento devem ser utilizados em mínima quantidade para as etapas construtivas - apenas quando for essencial para garantir a impermeabilização -, adquiridos no comércio local, fortalecendo as vendas locais e evitando custos maiores com transporte.

**Figura 67 - Fachada lateral 1/leste e fundação elevada em 51cm**



Fonte: autoria própria

## 6.2.2. Paredes

Baseado na literatura apresentada ao longo do estudo, os pilares e vigas responsáveis pela estrutura principal foram definidos em eucaliptos com dimensões de bitola entre 0,14 m a 0,17 m - em torno de 0,30 m de diâmetro -, em geral entre o distanciamento 3 a 4 metros, o que deve ser alinhado de acordo com a experiência e/ou conhecimento técnico. Quanto maior o pé-direito da edificação, maior será o investimento necessário para a estrutura, para o projeto foi definido que os cômodos da sala e cozinha possuem 4 m e para os demais ambientes 3 m de pé-direito, favorecendo o conforto térmico e estético.

A aquisição dos pilares deve ser feita em comércios que realizam o reflorestamento e estão de acordo com a lei ou podem ser utilizados postes antigos e madeira de demolição para o madeiramento, normalmente possuem um custo inferior e boa qualidade, possibilitando a inserção até na estrutura do telhado. A impermeabilização do madeiramento pode ser reforçada ao queimar a extremidade mais próxima da peça ao solo e ser coberta com uma camada de resina de mamona ou óleo queimado. A madeira pode ser entalhada para aderência e executada com diversos tipos de encaixe e com os pedaços menores podem ser feitas tesouras unidas com parafusos para o telhado.

As demais peças auxiliares da trama podem ser adquiridas no próprio terreno, com a realização de podas na lua minguante das árvores, coleta de talos de bananeira ou dendezeiro e bambu - se não for possível, devem ser compradas em comércios legalizados -, priorizando as peças maiores para as paredes externas e as peças menores para área interna, pois para o projeto foi definido que as paredes externas possuem 0,20 m e as internas/divisórias com espessura menor de 0,13 m, resultando no melhor aproveitamento do espaço interno e na economia de material. Após o corte e tratamento prévio para evitar o apodrecimento, são posicionadas as maiores peças e fixadas ao pilares, de forma horizontal e vertical, com pregos, se tornando uma base para as demais peças que serão amarradas entre a trama com fibras vegetais - como o sisal -, intercalando a localização das peças horizontais, resultando em espaçamentos quadrados.

Podem ser posicionadas peças na diagonal da trama - denominado como mão francesa - para gerar maior estabilidade ao vento e movimento da terra. Para os espaços previstos para localização de esquadrias, devem ser posicionadas entre a trama, a verga e, principalmente, a contraverga, com uma madeira resistente respeitando o espaço com medidas necessárias para

o encaixe do caixilho (moldura) da janela ou porta (Figura 68). Essas peças são fixadas com pregos de forma que garanta a segurança, todo o processo deve ser realizado conferindo o prumo, com boa vedação e impermeabilização natural para melhor qualidade construtiva. Nesse processo são inseridas estruturas de apoio embutidas de madeira para a funcionalidade como prateleiras, também são amarradas as garrafas de vidro para reutilização e iluminação (Figura 69), além de qualquer outro material que deve ser instalado internamente na parede.

**Figura 68 - Estrutura de madeira para inserção de esquadrias**



Fonte: <https://www.instagram.com/>

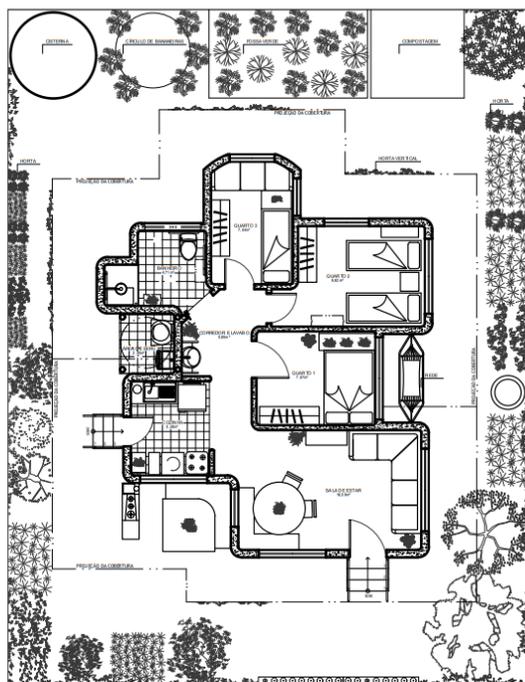
**Figura 69 - Garrafas de vidro inserida nas paredes**



Fonte: <https://br.pinterest.com/>

Para o barreamento das paredes, considerando uma uniformidade no solo do terreno, a mistura será preparada com a terra escavada nas etapas da construção para evitar outros movimentos de terra, como: fundação, valas para a passagem de tubulações, drenagem e infiltração. Tal terra deve ser misturada com as devidas adições e posteriormente, reservada para a fermentação. Quando a mistura já estiver fermentada e incorporada novamente, pode ser realizado o preenchimento da trama vegetal, a qual deve ser priorizada para a aplicação em mutirão - otimizando o processo e possibilitando o compartilhamento de sabedorias -, o que não depende de pessoas que tenham algum conhecimento ou formação na área de construção civil, basta seguir as orientações básicas informadas - como foi observado na atividade prática -. Após a secagem da camada inicial e mais densa, ao mínimo deve ser realizada as próximas duas camadas de reboco e outras duas de tinta, garantindo melhor acabamento, qualidade e durabilidade. Durante a da realização dessas camadas, principalmente a primeira, deve-se buscar o formato semicircular das paredes - moldado pelo lançamento do barro -, segundo Legen (2002), esse formato possibilita paredes mais resistentes, respeitando a definição para o projeto de paredes internas com 0,13 m e o circuito externo com 0,20 m (Figura 70).

**Figura 70 - Planta baixa térreo: paredes semicirculares e cômodos desalinhados**



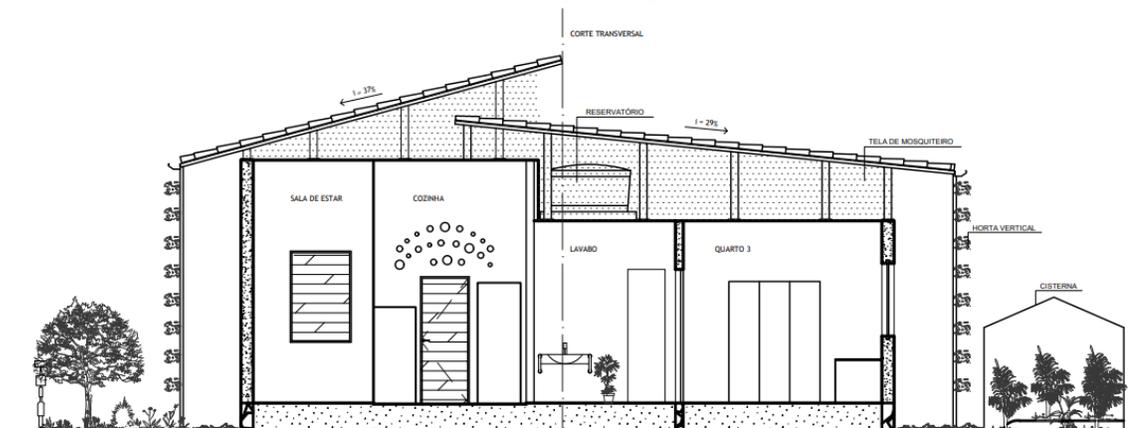
Fonte: autoria própria

### 6.2.3. Telhado

O telhado nesse sistema construtivo é sustentado pelos pilares e não pelas paredes de barro, é executado em seguida da fundação para evitar empecilhos como a ocorrência de chuvas, pode ser realizado em diversos materiais sustentáveis como com o sapê, esteira de palmeira, agave, telhas com material reciclado, como de tubo de pasta de dente, telhas artesanais com garrafas pet ou até mesmo de barro, no projeto é proposto a reutilização de telhas cerâmicas convencionais, com o intuito de reduzir um resíduo existente - como foi observado na visita técnica -. A utilização de telhas cerâmicas permite simplificar o processo com uma técnica comum e por viabilizar a aplicação de alternativas como a lâmpada de Moser, coleta da água da chuva e o telhado verde sem terra - os quais serão abordados em seguida -. Para esse tipo de telha e na zona tropical úmida, como é o caso do Recôncavo Baiano, os telhados devem ser mais inclinados entre as demais zonas - temperada e trópico seco - por conta da grande incidência de chuva e necessidade que ela escorra rapidamente sem sobrecarregar a estrutura, além de que o telhado inclinado é menos aquecido pelos raios solares do que uma superfície plana (LEGEN, 2002).

Foi definida uma cobertura com duas águas - uma com queda para norte e a outra para o sul -, na qual há uma diferença de altura entre as águas - essa abertura é orientada para o norte - para permitir a saída do ar quente, melhor ventilação e a iluminação natural indireta, a orientação definida evita que os ventos mais fortes - para o projeto, surgem do sudeste - levem a água da chuva para dentro da habitação. Para que a abertura não gere problemas com umidade e o possível aquecimento por conta da iluminação direta, o ponto mais alto de cada água é ampliado em 0,50 m (Figura 71).

**Figura 71 - Corte longitudinal: diferença de altura no telhado, ampliação do ponto mais alto e tela de mosquiteiro**



Fonte: autoria própria

Além disso, a casa não terá forro para permitir a melhor ventilação e iluminação natural, porém uma alternativa interessante é reutilizar caixas de leite longa vida/Tetra Pak, este material é de difícil reciclagem devido a composição com diferentes materiais, mas pode ser transformando em uma manta térmica de baixo custo cobrindo a parte inferior do telhado (Figura 72). A reutilização desse material, segundo Soares *et al* (2003), permite aproveitar as propriedades anti-calor que oferecem maior conforto ao usuário. A manta deve ser perfurada para permitir a iluminação com as lâmpadas de moser.

**Figura 72 - Manta térmica com Tetra pak**

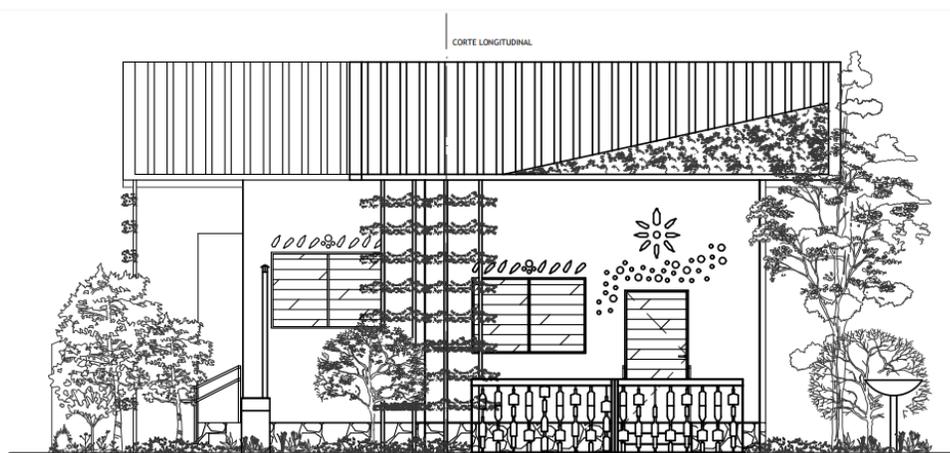


Fonte: <http://edificasarevendedora.com.br/>

O telhado possui o beiral com ao menos 1 m de comprimento em sua extensão, em algumas localizações o beiral é superior a 1 m, o que propicia maior proteção da parede em relação à umidade. Em uma parcela da cobertura da fachada principal há o teto jardim sem terra (Figura 73), esse tipo de cobertura vegetal não depende de mantas ou estruturas mais

resistentes por não ser composto com terra ou acumular água, é inserido facilmente em estruturas já construídas, inclinadas e com telhas (Figura 74). Para essa técnica, não é necessário terra ou que seja molhado, apenas precisa de um leve substrato que pode ser resto de lavoura, palha, folha de bananeira e misturado com adubo, a vegetação inserida deve ser nativa, com pequenas raízes e resistente - plantas espontâneas, conhecidas como ervas daninhas - como onze horas, boldo e grama, uma tela de arame pode facilitar para que as plantas se desenvolvam. Com o passar do tempo podem ser aparadas e retirados os resíduos como folhas e plantas secas.

**Figura 73 - Fachada Principal: parcela do telhado com vegetação**



Fonte: autoria própria

**Figura 74 - Construções com vegetação**



Fonte: <https://arkpad.com.br/>

Na área com presença de vegetação deve ser inserido um filtro ou tela sobre as calhas para não atrapalhar a captação da água das chuvas (Figura 75). O telhado verde sem terra

apesar do baixo custo e possibilitar uma série de vantagens - preservar a vegetação nativa do terreno, isolamento térmico, aspecto estético, redução de aquecimento -, não foi instalado em toda a extensão da cobertura para que não atrapalhasse a iluminação natural e a coleta da água das chuvas. Por fim, para evitar o alojamento de animais e insetos no interior da casa - por conta das aberturas na cobertura e entre a parede -, é colocada uma tela de mosquiteiro de algodão (Figura 76), preferível por ser um material natural e possibilitar o fluxo de ar com menor redução do que uma tela de nylon, como é citado por Lamberts *et al* (2014).

**Figura 75 - Filtro nas calhas**



Fonte: <https://www.habitissimo.com.br/>

**Figura 76 - Tela de mosquiteiro no telhado**



Fonte: <https://telinhamosquiteiro.com.br/>

#### 6.2.4. Disposição dos cômodos na habitação

A moradia possui desnível de 0,51 m, em 3 degraus confeccionados com garrafas de vidro (Figura 77), para evitar o alagamento em caso de chuvas fortes e impedir entrada de escorpiões ou outros animais, as garrafas de vidro também foram utilizadas ao longo do projeto para favorecer no aspecto visual e iluminação. Além do desnível que dependeria de uma rampa, não foi proposto o agenciamento específico, buscando a redução na alteração na vegetação natural do terreno, porém resulta em uma habitação que não é totalmente acessível, a habitação permite a permanência, com sala, corredor, quarto 1 e banheiro acessíveis, mas sem total independência em outras áreas da habitação. Apesar de reconhecida a relevância da acessibilidade, como não é o foco do trabalho e não foi explorada profundamente.

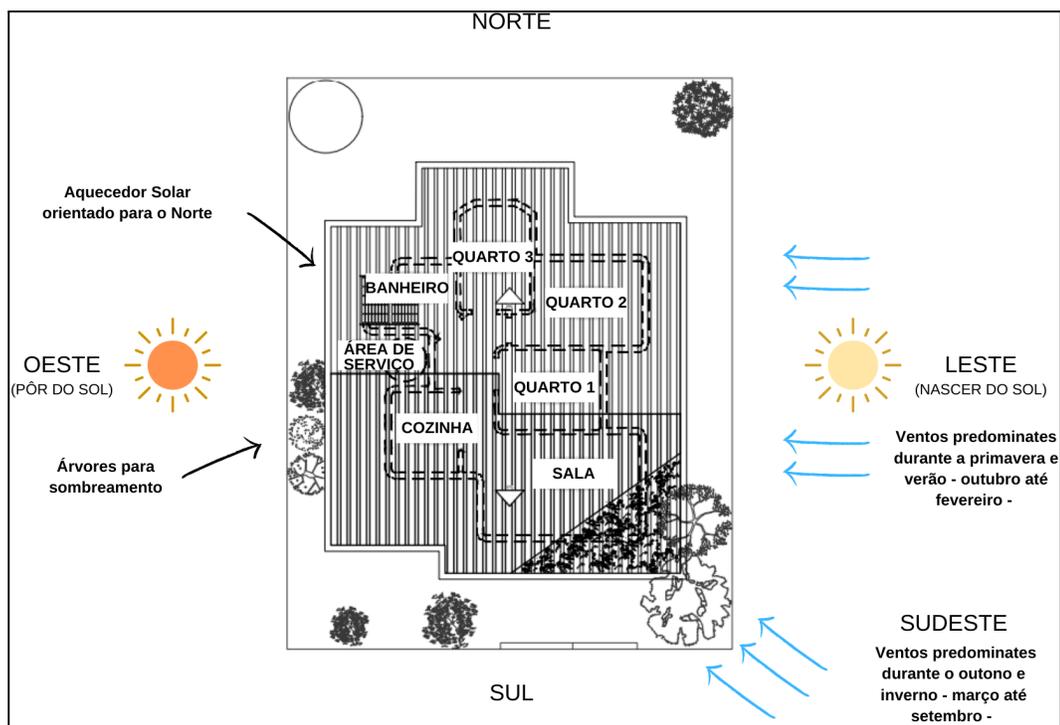
**Figura 77 - Bloco confeccionado com garrafas de vidro**

Fonte: <https://www.youtube.com/>

Outro grande interesse é a aplicação do sistema construtivo visando uma arquitetura adequada ao clima local - aspectos bioclimáticos -, o que pode ser observada na disposição “desalinhada” dos cômodos (Figura 70), o que possibilita um aspecto estético orgânico, original e melhor ventilação por conta do formato e as esquadrias favorecem a circulação do vento (LEGEN, 2002). É necessário ter conhecimento das melhores localizações para cada ambiente, o que será definido principalmente pela orientação solar e a direção dos ventos predominantes. Para proporcionar as melhores condições na habitação não devem ser repetidos padrões sem considerar o ambiente de implantação.

De acordo com as normais meteorológicas (INMET), com a cidade de Cruz das Almas como referência, a tabela de direção predominante de vento informa que para primavera/verão - de outubro até fevereiro - é para o leste e no outono/inverno - março até setembro - para o sudeste. Em climas com temperaturas elevadas, como é o caso em questão, para a melhor orientação dos cômodos de acordo com o Sol, deve-se atentar aos seguintes pontos: a face norte é destinada para localização de aquecedores solares e terá maior luminosidade - por conta do Sol está nessa orientação por mais horas do dia -; no caso da orientação para o sul recebe pouca luz, porém uniforme - podem receber ventos mais frios no inverno -; para o leste - nascente, sol pela manhã sem aquecimento excessivo - o foco principal são os quartos e salas, áreas de elevada permanência e, por fim, para o oeste, ao contrário do leste, por ser a direção que o sol se põe, tende a aquecer os ambientes pela tarde, como uma alternativa para reduzir o aquecimento nessa orientação árvores podem ser plantadas (BRASIL, 2008) - Figura 78 -. Levando em conta esses dados, os cômodos foram planejados da seguinte forma:

**Figura 78 - Esquema com informações do terreno e direção de ventos predominantes**



Fonte: autoria própria

- Quarto 1: casal (7,04 m<sup>2</sup>) - está localizado no Leste, bom direcionamento para os ventos nas estações mais quentes e luz do Sol pela manhã, é recuado para facilitar a ventilação. Este quarto permite o giro da cadeira de rodas - é acessível - e a vista da janela é para uma rede, alimentador de pássaros e a horta, possui prateleiras, mesa de cabeceira e plantas.
- Quarto 2: compartilhado por 2 pessoas (9,82 m<sup>2</sup>) - como o quarto 1, é orientado para o leste, porém parte de sua área está para o norte, para melhorar o conforto há duas janelas que geram a ventilação cruzada. Para redução do aquecimento por conta da insolação e gerar resfriamento evaporativo há o beiral com estrutura para vegetação vertical. No quarto há o espaço para duas camas de solteiro, prateleiras, armário e mesa de cabeceira.
- Quarto 3: solteiro (7,05 m<sup>2</sup>) - a sua maior área está exposta para o norte, porém o quarto também recebe o aquecimento do poente e a ventilação do leste, para reduzir o

aquecimento há beiral com vegetação para as orientações oeste e norte. De forma que favoreça a ventilação, duas janelas possibilitam a ventilação cruzada, além de que esse quarto possui uma janela-banco, permitindo um ambiente único e acolhedor.

- Sala de jantar e de estar (16,59 m<sup>2</sup>) - com o propósito de permitir um certo nível de acessibilidade, a porta principal que dá acesso a sala tem 1 m de largura e o ambiente permite o giro da cadeira de rodas. Esse ambiente inclui uma mesa redonda para 6 pessoas com cadeiras e banco artesanal de terra, 1 sofá grande de 5 lugares - na técnica COB -, espaço para televisão, plantas, três janelas. Está localizada na área mais ventilada, orientações sudeste e leste.

**Figura 79 - Móveis de terra**



Fonte: Minke (2005, p. 86 e 199)

- Cozinha (5,28 m<sup>2</sup>) - está orientada para sudoeste e oeste, a motivação para essa localização é fato de não ser a área mais ventilada - dessa forma o cozimento de alimentos não é atrapalhado, evitando maior gasto de gás -, entretanto é mais aquecido pelo Sol no período da tarde. Para reduzir o aquecimento, há árvores para sombrear e funcionar como barreira para o aquecimento. Nesse espaço é previsto o posicionamento de geladeira, fogão, pia - nesse local a parede deve ser impermeabilizada por conta do contato com a umidade -, filtro de barro, armários, prateleiras e botijão de gás. Além disso, é destinado um espaço para separação dos resíduos para o direcionamento para compostagem, como alternativa para melhor locomoção foi inserida uma porta para acesso a área de serviço externa e que facilita para transportar os resíduos orgânicos para compostagem. A fumaça e o ar quente

produzido nesse cômodo podem sair mais facilmente pelo espaço de abertura entre cumeeiras.

- Corredor e Lavabo (5,85 m<sup>2</sup>) - o corredor possui espaço necessário para o deslocamento e o giro com a cadeira de rodas, permite o acesso aos quartos e ao lavabo. Para o lavabo, é sugerido a reutilização de cacos de espelho para um mosaico (Figura 80) - pode ser coletado em vidraçarias, além das barras de apoio e as dimensões da pia, segundo a ABNT NBR 9050/2010, para a utilização do ambiente com maior acessibilidade. Aproveitando o espaço existente no corredor, essa alternativa de cômodo reduz o tamanho do banheiro, vale enfatizar que devido ao contato constante com os respingos de água a parede depende da correta impermeabilização.

**Figura 80 - Mosaico com cacos de espelho**



Fonte: <https://br.pinterest.com/>

- Banheiro (4,71 m<sup>2</sup>) - para garantir uma boa ventilação e saída de odores, o banheiro deve estar próximo ao jardim ou rua, mas não pode ter muita ventilação para não levar odores para a casa, no projeto essa condição é respeitada devido a não se localizar na orientação de maior predominância de ventos, foi projetado para a direção poente, por ser um ambiente de curta permanência. Esse cômodo possui o dimensionamento para garantir a acessibilidade, com barras, espaço para o giro e o banco para utilização do chuveiro. O box tem as medidas necessárias e dispõe de um sistema de aquecimento natural da água com material reutilizado. Esse espaço é o principal foco de impermeabilização de paredes e piso da moradia, por conta da grande quantidade de

água em contato direto com o sistema construtivo. Como detalhe estético e para iluminação natural há uma parede com garrafas de vidro permitindo um aspecto diferente, reutilização e iluminação natural (Figura 81), além de prateleiras, porta diagonal sanfonada com vão de 0,80 m e uma janela basculante.

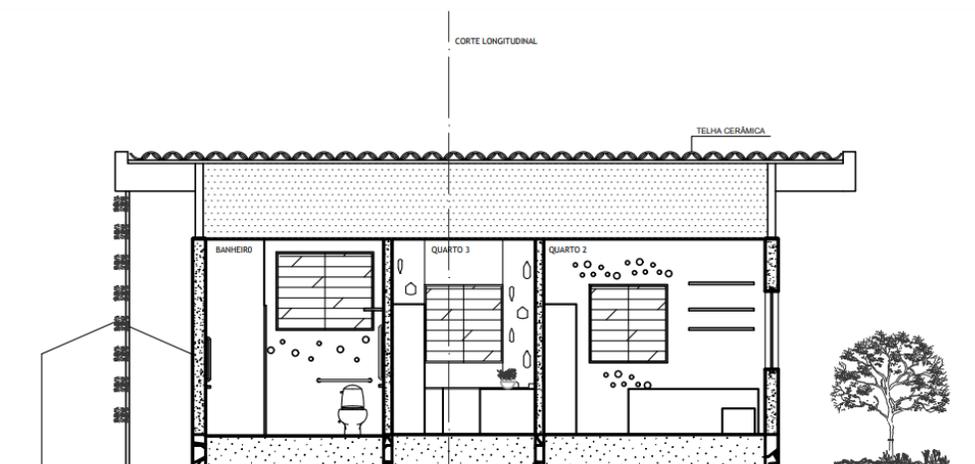
**Figura 81 - Banheiro seco e convencional com garrafas de vidro**



Fonte: <https://br.pinterest.com/>

Outra estratégia pesquisada para o banheiro, foi a construção do banheiro seco, essa alternativa não utiliza água, não depende de fossa sanitária e fornece um tratamento com o dejetos para se tornar adubo rico em nutrientes sem contaminar o meio ambiente, o sistema Bason permite ainda a inclusão dos resíduos da cozinha para o processo. Tal estratégia não foi aplicada devido às dúvidas relacionadas à aplicação do banheiro seco como um cômodo interno, na literatura encontrada sempre é localizado externo à habitação, o que gera alguns empecilhos para o uso e promoção da acessibilidade, além do preconceito pela falta de conhecimento sobre a eficiência da proposta (Figura 82).

**Figura 82 - Corte transversal: vista do banheiro convencional em corte**



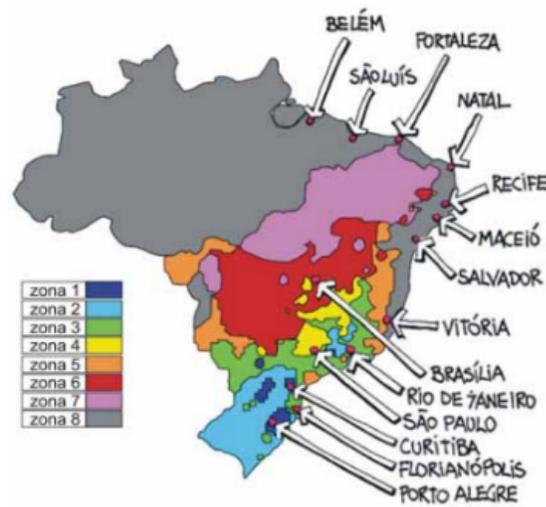
Fonte: autoria própria

- Área de serviço (2,35 m<sup>2</sup>) - esse espaço é externo, mas conectado à habitação, está sombreada pelo reservatório de distribuição - o que facilita a manutenção, já que não há paredes -. O espaço é destinado para um tanque/pia, a máquina de lavar - pode ficar dentro de um armário com tranca, para maior segurança - e com um piso de terra apilada. Está localizado na mesma parede do lavabo, economizando tubulação e evitando mais paredes impermeabilizadas.

### 6.3. Desempenho térmico: materiais, ventilação, esquadrias e sombreamento

Principalmente para zonas com temperaturas elevadas, as construções devem ser planejadas para esquentar menos e evitar aparelhos para resfriar. Como citado no Tópico da sustentabilidade, para atingir o conforto ambiental podem ser aplicados de diversas estratégias e a ABNT NBR 15220-3: 2005 “Desempenho térmico de edificações Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social” informa as diretrizes construtivas mais indicadas para o tamanhos de janelas, o sombreamento necessário, tipo ideal de paredes, coberturas e também estratégias bioclimáticas mais recomendadas para o local (LAMBERTS *et al*, 2014). O território brasileiro é dividido em 8 zonas principais, no qual Recôncavo Baiano se encontra na Zona 8 (Figura 83) e são indicadas as seguintes diretrizes:

Figura 83 - Salvador e zoneamento bioclimático brasileiro



Fonte: Lamberts *et al* (2014, p. 97)

- Ventilação e Sombreamento
  - Aberturas para ventilação com área útil grande - Área do piso > 40% - e sombreadas;
- Vedações externas
  - Abertura em beirais para ventilação - distância entre parede e telhado - em no mínimo dois beirais opostos;
  - As aberturas para ventilação devem ocupar toda a extensão das fachadas respectivas;
  - Coberturas sem forro com as telhas de barro, sem pintura ou esmalte, podem ser utilizadas.
- Condicionamento térmico passivo
  - Ventilação cruzada permanente, mas pode ser insuficiente nas horas mais quentes do verão.

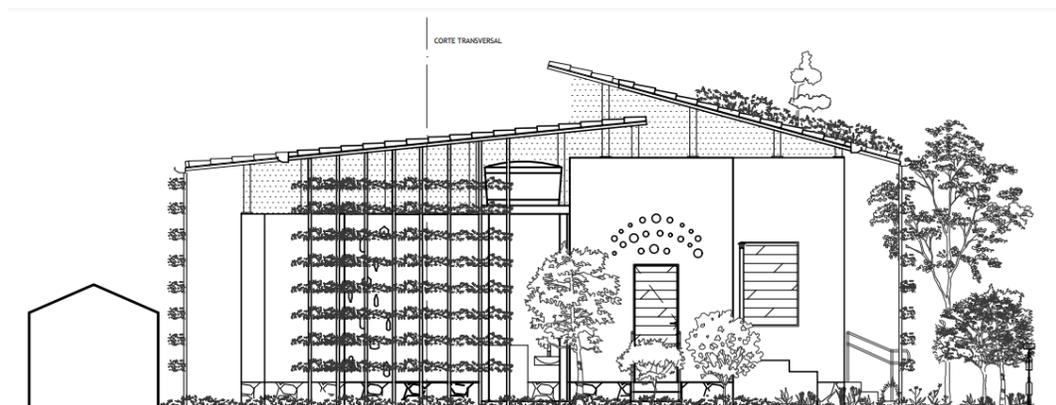
o Anexo A presente na mesma Norma, permite a visualização de 330 cidades com climas classificados, no caso da Bahia nenhuma das cidades presentes no Recôncavo Baiano

foi classificada, para isso foi utilizada como base as definições para as cidades mais próximas e localizadas na Zona 8 - São Francisco do Conde e Ondina/Salvador -, para tais cidades são indicadas as estratégias “FIJ”. A estratégia “F” informa que as sensações térmicas são melhoradas por meio da desumidificação dos ambientes ocasionados pela renovação do ar e ventilação; para as estratégias “I” e “J” é indicado a atenção para o direcionamento predominante dos ventos no local e para as esquadrias, a ventilação cruzada dentro da habitação deve ser favorecida. A ventilação cruzada depende do conhecimento da direção predominante de vento - principalmente durante o verão - e, basicamente, pode ser realizada com duas esquadrias em paredes diferentes, sejam opostas ou adjacentes, geralmente com a maior distância entre as aberturas se obtém melhor distribuição do ar (BRASIL, 2005; LAMBERTS *et al*, 2014).

Para promover o sombreamento da habitação, o beiral da proposta possui dimensão de 1 m ou mais, além de proteger as paredes do contato direto com a umidade, evita o seu aquecimento funcionando como uma proteção solar horizontal. No caso de beirais generosos, pode-se aumentar a ventilação interna, aumentando a zona de pressão na área externa da abertura. Assim como orientado pela norma, há a distância entre a parede e a estrutura da cobertura, as telhas são de cerâmica sem pintura e o telhado sem forro - mas com a manta de material reutilizado para reduzir o aquecimento -. O sombreamento pode ser aprimorado com o auxílio de informações disponíveis em programas digitais, diagramas e cartas solares, viabilizando uma boa interpretação da máscara de sombra e os efeitos das alternativas propostas a partir da posição exata do Sol no local e em relação a moradia (DUARTE, 2016).

Como outra estratégia, as árvores, vegetações verticais instaladas nos beirais e a parcela do telhado coberta por vegetação evitam o aquecimento excessivo dos cômodos gerando sombra ou uma barreira para o Sol. Da mesma forma, a vegetação do solo ao redor da habitação absorve a radiação solar evitando que ela possa refletir calor para as paredes - como ocorre em áreas pavimentadas - e, dessa forma, favorece o resfriamento evaporativo com a umidade no ar (LEGEN, 2002; SOARES *et al*, 2003) - Figura 84 -. Para o caso das paredes, também descrito como aspecto relevante na norma, as paredes de terra crua com a tintura natural demonstram vantagem por realizar a inércia térmica - a temperatura interior diminui em relação ao exterior -, além do controle de umidade e outras questões abordadas nas vantagens da técnica construtiva (DUARTE, 2016).

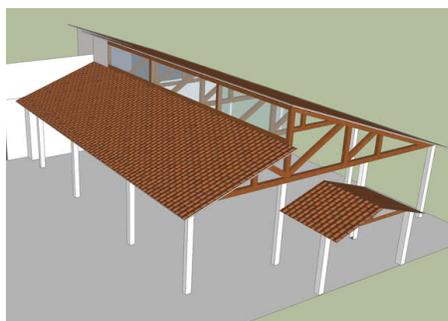
**Figura 84 - Fachada lateral 2/oeste: vegetação, árvores e sombreamento**



Fonte: autoria própria

A ventilação será promovida no telhado pelos beirais e com a diferença de altura entre a cumeeira, permitindo a saída de ar quente no telhado - aparência e efeito semelhante ao *shed* e ao lanternim - apenas com a proteção do mosquiteiro (Figura 85). Com a ventilação permitida pelo beiral, a abertura no telhado e as venezianas, a ventilação noturna será favorecida de maneira mais segura. As árvores de copa alta presentes no terreno, além do sombreamento e resfriamento evaporativo, podem direcionar os ventos para edificação. No caso das aberturas para as esquadrias utilizadas no projeto, são do tipo bandeira - abertura completa, 100% de área útil - e preferencialmente de madeira com veneziana - permite a ventilação mesmo quando fechada -, apesar do vidro convencional possibilitar iluminação natural, retira a privacidade e também gera o aquecimento da edificação - em caso de possível utilização em conjunto, poderiam ser colocadas principalmente nas orientações com menor insolação, como a fachada Sul -. As janelas em madeira - quando abertas - funcionam como brises verticais, ou seja, uma barreira para a insolação direta lateral (Figura 86 e 87).

**Figura 85 - Representação da abertura na cobertura**



Fonte: <https://google.com/>

**Figura 86 - Janela de abrir de madeira com veneziana**      **Figura 87 - Janelas de abrir como brise**



Fonte: <https://google.com/>



Fonte: Lamberts *et al* (2014, p. 204)

Considerando o cálculo área do piso de  $> 40\%$  para definição das aberturas - segundo a orientação da norma para a Zona 8 -, as esquadrias foram inseridas no projeto com medidas entre o tamanho das aberturas para janela de aproximadamente  $39\%$  do área do piso do cômodo, aliado a isso, limitações foram percebidas devido a outras condições relevantes, como orientação, ventilação cruzada e o tamanho dos cômodos. Apesar da pouca diferença de altura, o peitoril das janelas varia entre  $1\text{m}$  até  $1,60\text{m}$ , para favorecer a circulação de ar, em sua maioria são janelas horizontais e espalhadas pelo cômodo para melhor distribuição de luz e de maneira uniforme. As esquadrias podem ser observadas a seguir:

- Quarto 1 ( $7,97 \text{ m}^2$ ): 1 janela com  $2,20\text{m} \times 1,2\text{m}$ , resultando em  $33\%$  da área do piso, nesse caso devido às paredes laterais e a medida máxima da esquadria, a ventilação deve ser auxiliada com a abertura da porta ( $2,1\text{m} \times 0,8\text{m}$ ) do ambiente;
- Quarto 2 ( $9,82 \text{ m}^2$ ): 2 aberturas, janela com  $1,2\text{m} \times 1,2\text{m}$  e outra janela com  $2,0\text{m} \times 1,2\text{m}$ , resultando em  $39\%$  da área do piso;
- Quarto 3 ( $7,04 \text{ m}^2$ ): como o quanto anterior possui 2 aberturas, janela com  $1\text{m} \times 1,5\text{m}$  e outra com  $1,2\text{m} \times 1,2\text{m}$ , resultando em  $41\%$  da área do piso;
- Sala ( $16,59 \text{ m}^2$ ): 3 aberturas, com  $2,2\text{m} \times 1,2\text{m}$ ,  $1,8\text{m} \times 1,2\text{m}$  e  $1\text{m} \times 1,5\text{m}$ , resultando em  $38\%$  da área do piso;

- Cozinha (5,28 m<sup>2</sup>): uma abertura para janela com 1,8m×1,2m, resultando em 39% da área do piso;
- Banheiro (4,71 m<sup>2</sup>): apenas uma abertura para janela com 1,5m×1,2m, resultando em 39% da área do piso.

#### **6.4. Instalações elétricas: redução de consumo, aquecedor solar natural e iluminação**

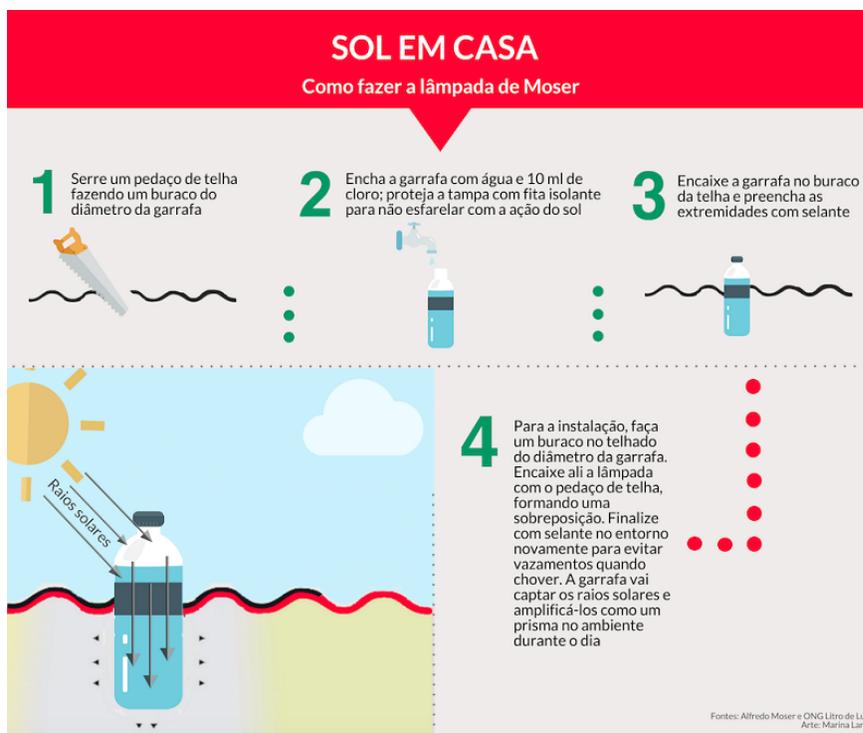
As estratégias e técnicas utilizadas no tópico anterior, possibilitam a redução do consumo de energia elétrica substituído por alternativas naturais - luz solar, ventilação, sombreamento -, dessa forma é possível reduzir os custos, materiais e ferramentas relacionadas, porém sem deixar de atingir o conforto ambiental. As alternativas que aproveitam as condições naturais são o enfoque do trabalho, seja para a iluminação natural, o telhado sem forro, o espaço entre a cobertura orientado para o norte - maior insolação -, o espaço entre a parede e o beiral e as janelas contribuem bastante para a presença da luz natural no ambiente interno, porém ainda é incluído no projeto a inserção das garrafas de vidro na paredes - possibilitam a luz indireta com diferentes colorações - e as lâmpadas de Moser. Essas lâmpadas foram criadas pelo mecânico Alfredo Moser de Uberaba/Minas Gerais em 2013, com baixíssimo custo e sem possibilidade de choque elétrico, essa alternativa que reutiliza materiais e aproveita a luz solar de maneira simples, é utilizado em diversos projetos aplicados em comunidades de baixa renda ao redor do mundo, como é caso da aplicação no projeto “Liter of Light” (Litro de Luz), da fundação Myshelter/Filipinas (CERQUEIRA e BARROS, 2014). A confecção da “lâmpada” depende dos seguintes materiais:

- 1 garrafa PET de 2 Litros transparente, sem cor, para não alterar a coloração da iluminação;
- 2 litros de água potável;
- 2 tampinhas de água sanitária ou cloro, para evitar proliferação de algas e micro-organismos;
- cola de resina, massa plástica ou veda calha, para impermeabilizar e fixar a garrafa;

- fita isolante ou outro material, como tampas de garrafa de azeite, para proteger a tampa de plástico;
- 1 telha de fibrocimento ou cerâmica, a mesma que será inserida na cobertura

Basicamente, a telha será perfurada para o encaixe da garrafa verticalmente, a qual é vedada e fixada com a cola ou a resina disponível, em seguida a garrafa é preenchida com a água e a água sanitária, sua tampa é protegida com fita ou uma tampa de azeite e ao finalizar esses passos basta posicionar a telha no telhado e está pronta (Figuras 88, 89 e 90). Essa alternativa realiza o reaproveitamento direto do resíduo plástico e possibilita uma capacidade semelhante a uma lâmpada fluorescente compacta com equivalência luminosa de 60 Watts (SANTOS, 2013).

**Figura 88 - Esquema de funcionamento da lâmpada de Moser**



Fonte: <https://conexoplaneta.com.br/>

Para a distribuição das garrafas no telhado devem ser seguidas as orientações da ABNT NBR 5410/2004 “Instalações elétricas de baixa tensão”, na qual é estabelecida que a instalação mínima para cada 6 m<sup>2</sup> do cômodo é de 100 watts e para os ambientes com área

superior a essa medida, a cada 4 m<sup>2</sup> excedentes instala-se uma lâmpada de 60 watts. Porém deve-se considerar as variações da luz solar ao longo do ano - diferentes estações e nuvens no céu -, segundo Santos (2013), durante o inverno seria necessário dobrar a quantidade de garrafas, ou seja, para a iluminação adequada ao longo do ano é necessário dobrar o seu valor para garantir boa iluminação na situação menos favorável (Figura 89 e 90).

Portanto, para um ambiente de aproximadamente 16 m<sup>2</sup>, como a sala da habitação proposta, deveriam ser colocadas - no verão - 4 lâmpadas de Moser - no total de 240 watts -, porém considerando as variações ao longo do ano, devem ser 8 lâmpadas de Moser. Cabe ainda citar que a luz proveniente das garrafas PET instaladas de forma zenital é isenta da radiação ultravioleta que poderia trazer riscos à saúde dos usuários. Podem ser feitas em locais distantes dos grandes centros, como na zona rural, reduzindo cerca de 40% do valor de custo com energia. Também são interessantes para produzir alimentos em pequenas hortas hidropônicas, utilizando a luz das garrafas para favorecer o crescimento das plantas e podem ser agregadas a outros processos para ter luz limpa à noite, como os postes de luz e lâmpões utilizados no Projeto “Liter of Light”.

**Figura 89 - Vista externa da lâmpada de Moser**    **Figura 90 - Vista interna da lâmpada de Moser**



Fonte: <https://www.archdaily.com.br/>



Fonte: <https://encrypted-tbn0.gstatic.com/>

Além da iluminação, outro ponto que gera grande consumo de energia nas moradias, entre 30% a 40% do custo, são os chuveiros elétricos para aquecimento da água para o banho, para reduzir esse custo podem ser projetados aquecedores solares de baixo custo com materiais recicláveis, como o criado por José Alcino Alano, da cidade de Tubarão/Santa Catarina, com o intuito de beneficiar o meio ambiente, gerar economia, qualidade de vida e conscientizar a comunidade para uma destinação de resíduos positiva.

O aquecedor é constituído por colunas compostas de tubo PVC, as quais são revestidas por garrafas PET e caixas de leite longa vida pintadas de preto fosco, ambas descartadas pelo ser humano e que passam a servir de matéria-prima para a construção do coletor. Cada vez que a água percorre o aquecedor é aquecida em 10°C, uma exposição solar das 10 horas da manhã até as 16 horas da tarde permite que a água atinja a temperatura de 52°C no verão e 38°C no inverno (ALANO, 2008, p. 24 *apud* FACHIN et al, 2019).

Foi inserida no projeto a quantidade de garrafas para dois aquecedores com posicionamento no telhado que permita a absorção de radiação solar em maior quantidade possível - orientado para o Norte e acima do banheiro -. O seu princípio de funcionamento é por meio da circulação termossifão, o qual melhor se adapta a soluções simples e pode ser instalada uma bombona para o armazenamento (FACHIN *et al*, 2019) - Figura 91 -. A energia solar também pode ser aproveitada para conversão em energia elétrica, mas devido ao custo do investimento não foi proposto para a habitação de interesse social.

**Figura 91 - Modelo de aquecedor com materiais reutilizados**

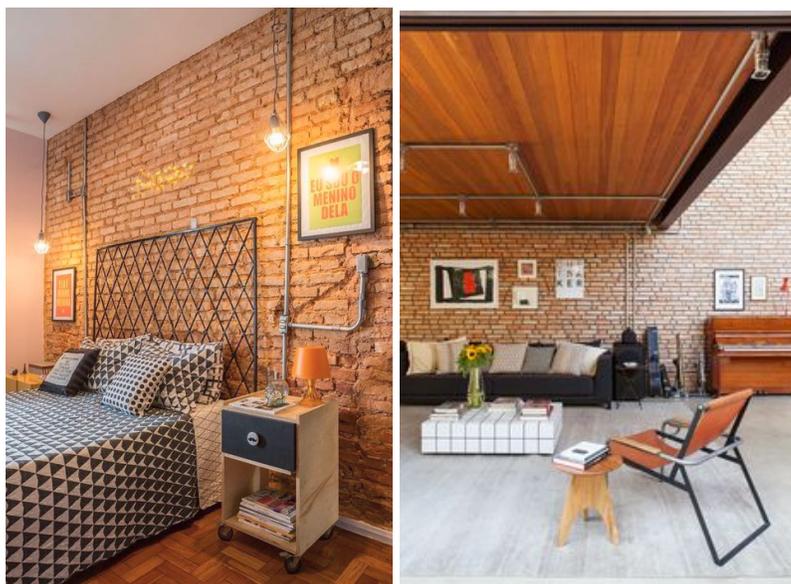


Fonte: Fachin *et al* (2019)

A iluminação artificial não pode ser esquecida para garantir uniformidade e principalmente a iluminação noturna - considerando o acesso à energia elétrica na região -, para evitar riscos de acidentes é importante ter a orientação técnica e adquirir equipamentos elétricos eficientes, como as Lâmpadas LED - diodo emissor de luz -, sendo mais econômico,

consome menos energia e apresenta melhor durabilidade, além disso para os demais produtos elétricos - se comprados - deve-se atentar para a etiqueta PROCEL, a qual indica condições de sua eficiência. Para a instalação dos eletrodutos com as fiações da rede elétrica nas paredes de taipa de Mão, foi definida para o trabalho em questão a alternativa de instalações externas (Figura 92), foi escolhida como uma alternativa para facilitar manutenção ou alterações nas instalações, sem ser necessária a quebra da parede e interferência na estrutura. As mesmas podem ser pintadas para uma aparência mais interessante, vale ressaltar que as instalações podem ser inseridas na estrutura das paredes de taipa de mão, como foi observado na visita técnica.

**Figura 92 - Instalações elétricas externas**

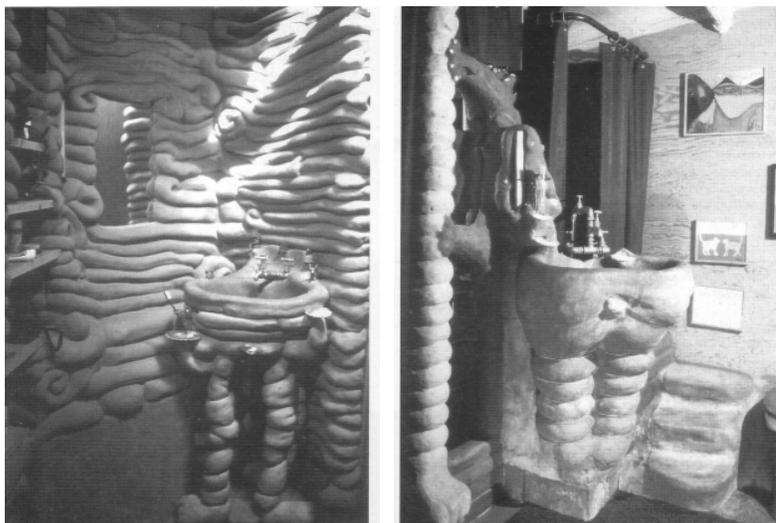


Fonte: <https://br.pinterest.com/>

### **6.5. Instalações hidráulicas: abastecimento, direcionamento e saneamento**

As instalações hidráulicas podem ser fonte de grande preocupação e dúvida em uma habitação construída em terra crua, porém com as instalações posicionadas e planejadas adequadamente (Figura 93), evitando vazamentos e demais situações em que a umidade entre em contato com a construção, pode ser garantida a redução de diversos problemas possíveis.

**Figura 93 - Peças confeccionadas de barro em áreas molhadas**



Fonte: Minke (2005, p. 159)

Assim como para as instalações elétricas, é proposto como melhor solução para o projeto - considerando o risco de vazamentos e a visualização de possíveis irregularidades com maior rapidez, sem necessidade de mão de obra ou de desestabilizar o sistema construtivo para manutenções - a confecção das tubulações de água fria e esgoto serão aparentes - as quais também podem ser pintadas ou outras interferências que não afetem sua qualidade -. As tubulações que ficam abaixo do piso não sofrem alterações, continuam internas (Figura 94).

**Figura 94 - Instalações elétricas e hidráulicas aparentes**



Fonte: <https://br.pinterest.com/>

O abastecimento da moradia é proposto pelo reaproveitamento da água da chuva, o que depende da avaliação da quantidade de precipitação e frequência das chuvas no local em questão. A proposta se apresenta adequada para a situação do projeto por estar localizado no trópico úmido, porém para a aplicação real, devem ser avaliados a capacidade de coleta da área da cobertura, o dimensionamento das calhas e demais tubulações, assim como para o reservatório - cisterna -, os filtros necessários para viabilizar a utilização da água e os equipamentos para distribuição. Vale ressaltar que a tipologia construtiva da taipa de mão não é um impedimento para a aplicação dessa alternativa.

Segundo o Programa Governamental Cisternas, com enfoque para o uso familiar, o abastecimento de 16 mil litros de água da chuva no semiárido brasileiro, poderia ser suficiente para o consumo de uma família de 5 pessoas por até 8 meses durante a seca. Com base nesse programa foi realizado um pré-dimensionamento representativo da cisterna - considerando uma região que não passa por longo períodos de seca - com diâmetro de 2,30 m e altura total de 2,50 m - com 0,25 m dentro da terra -, possui a capacidade de abastecimento de aproximadamente 8.300 litros. É confeccionado, de acordo com o “Modelo da tecnologia Social de acesso à água” (BRASIL, 2017), no qual é descrito o processo construtivo que pode ser em ferrocimento com sacos de cebola - o que reduz a quantidade de materiais industrializados e reduz resíduos existentes - (Figura 95), podem ser realizadas interferências como pinturas, grafites ou suporte para trepadeiras para trazer um aspecto estético mais interessante, sem que atrapalhe o seu funcionamento (Figura 96).

**Figura 95 - Construção em ferrocimento de cisterna**



Fonte: Brasil (2017, p.18)

**Figura 96 - Cisterna com interferências**



Fonte: <https://google.com/>

A distribuição para a moradia pode ser com bombas manuais simples ou - melhorando o conforto e acesso - com a utilização de equipamentos de simples construção e manutenção, como o Carneiro hidráulico (Figuras 97 e 98), o qual funciona com bomba sem energia ou combustível - devido à um surto de pressão - direcionando a água para o reservatório superior, para esse direcionamento deve ser observado a diferença de altura e distância necessária. O reservatório superior em polietileno, conectado à moradia, foi pré-dimensionado com capacidade de 750 litros - correspondendo para o uso diário de até 150 litros para cada morador da residência -. Como abordado por Filho (2002), com o funcionamento do carneiro hidráulico, pode desperdiçar parcela de água para fora do processo, mas essa água pode ser coletada e utilizada para molhar as plantas (Figura 96). Devem ser previstos filtros para purificação da água para o uso sem prejudicar a saúde dos usuários - podem ser compostos por materiais naturais, como fibras, areias ou realizados pela a luz do sol -.

**Figura 97 - Carneiro hidráulico em funcionamento**      **Figura 98 - Modelo com reutilização**



Fonte: <https://a3p.eco.br/produto/>



Fonte: Filho (2002, p. 8)

Um segundo reaproveitamento de água é proposto no banheiro com a reutilização das águas cinzas resultantes do uso do chuveiro, ao ser reservada - como citada anteriormente, pode ser direcionada diretamente para pequenos reservatórios - como bombonas - com válvulas manuais acopladas ou por outros equipamentos que possibilitem o direcionamento para a bacia sanitário (Figura 99). Sem realizar esse reaproveitamento, seria necessário um tratamento para o excesso do sabão presente nas águas cinzas do banheiro - biorreator ou lagoa de estabilização, por exemplo -, ao ser diluída com os rejeitos humanos essa questão é sanada, além de que dessa forma não é desperdiçada a água limpa para o transporte dos rejeitos. É essencial que o uso racional da água faça parte do cotidiano, alternativas como

descarga ecológica e torneira com fechamento automático são interessantes para colaborar nesse fundamento.

**Figura 99 - Sistema que promove o reaproveitamento**



Fonte: <https://ciclovivo.com.br/>

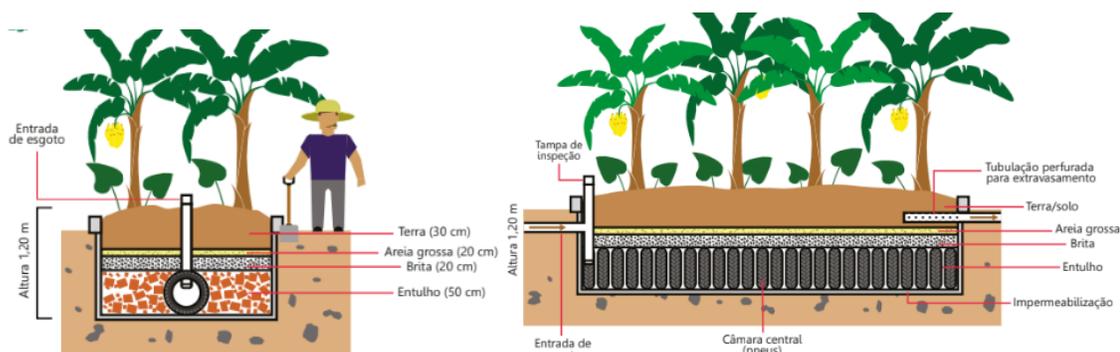
Por fim, para o tratamento dos efluentes, na maioria das situações os próprios proprietários rurais são responsáveis pela construção e operação dos sistemas de tratamento. Como alternativa de sistema eficiente e que protege o meio ambiente, é sugerida a Bacia de Evapotranspiração (BET) - também conhecida como fossa verde, ecofossa, fossa de bananeira -, ocorre por meio da digestão anaeróbica realizado pelas bactérias que se alojam nos componentes da fossa, as plantas aproveitam a água e os nutrientes advindos das fezes e urina como adubo para o crescimento e desenvolvimento (Figura 100). Esses sistemas serão responsáveis pelo esgoto gerado pelos vasos sanitários, o qual deve possuir um encanamento separado das demais águas do banheiro e da casa. O cálculo de dimensionamento se baseia na multiplicação do número de moradores por 2,0 m<sup>2</sup>, para o projeto resulta na área do sistema de 5 (moradores) X 2,0 = 10,0 m<sup>2</sup>, com a profundidade de 1,2 m até 1,5 m - a escavação pode ser manual ou com máquinas -. Tal medida pode ser retangular ou oval, deve estar em área plana, com bastante sol e ventilação - no caso do projeto está orientado para a face Norte - e deve ficar distante de árvores ou construção em ao menos 1,5 m (FIGUEIREDO *et al*, 2018).

**Figura 100 - BET construída em comunidade de Paraty/RJ**

Fonte: Figueiredo *et al* (2018, p. 8)

A fossa pode ser construída com hiperadobe ou superadobe - técnicas com terra ensacada -, mas precisa receber uma camada de argamassa impermeável nas paredes e concreto no piso para evitar possíveis vazamentos que geram a contaminação do solo. Será construída com um “túnel” de pneus descartados - levemente espaçados com pedaços de entulho - com a tubulação de esgoto diretamente conectada e ao redor deve ser preenchido com entulho (0,50 m) - promovendo o reaproveitamento de telhas, cacos de tijolo, pedaços de concreto, piso cerâmico - ou, caso não seja encontrado entulho na região, podem ser utilizadas pedras grandes ou até coco verde. Após a camada de entulho é inserida uma camada de brita (0,30 m), outra de areia (0,20 m) e em seguida uma de terra (0,30 m), as quais funcionam como um filtro natural, também deve ser adicionada uma cobertura com matéria seca para reduzir a entrada de água da chuva no sistema (Figura 101). As plantas inseridas devem se desenvolver em ambientes com muita água, como é o caso das Taiobas, Bananeiras e mamoeiros, as mesmas podem ser consumidas sem risco à saúde, mas não devem ser ingeridas as suas raízes (FIGUEIREDO *et al*, 2018).

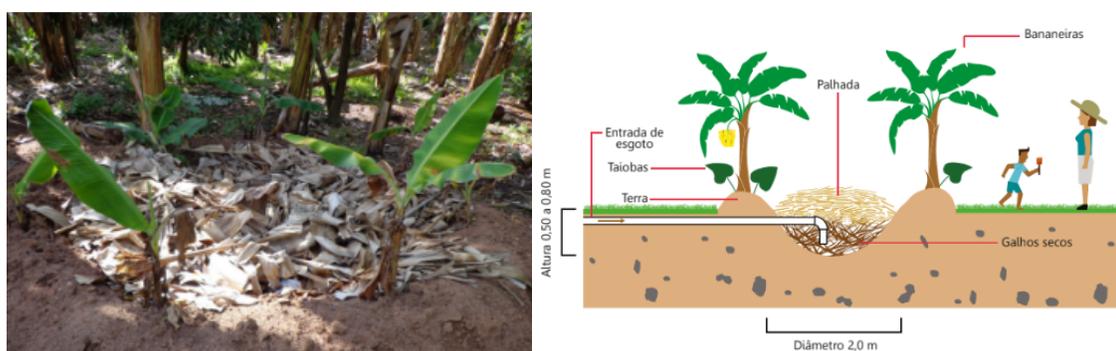
**Figura 101 - Detalhes do sistema da BET**



Fonte: Figueiredo *et al* (2018, p.10)

O tratamento das águas cinzas das pias, cozinha e lavanderia será direcionados para o sistema do Círculo de bananeiras. Uma família de 4 a 5 pessoas depende da instalação de 1 a 3 Círculos de bananeiras. Para sua construção, é escavada uma circunferência no solo com 2,0 m de diâmetro e 0,80 m de profundidade e a terra retirada é colocada nas bordas criando uma elevação na qual são inseridas as vegetações, como na Fossa Verde. O buraco será preenchido com pequenos galhos no fundo e palha e/ou folhas secas em cima e o esgoto é conduzido com as tubulações entre a camada de palha, evitando que a água fique em contato com a superfície (FIGUEIREDO *et al*, 2018) - Figura 102 -.

**Figura 102 - Sistema do círculo de bananeiras**



Fonte: Figueiredo *et al* (2018, p. 21 e 22)

Assim como os sistemas detalhados anteriormente, devem ser inseridos em toda a instalação hidráulica da moradia os componentes, como caixa de gordura na cozinha, caixa sifonada, caixa de inspeção, ventilação para o banheiro, as quais não foram abordadas com maior profundidade neste trabalho, mas devem estar presentes no planejamento e ser bem executadas, garantindo uma melhor qualidade e eficiência nos sistemas de tratamento.

## 6.6. Destinação de resíduos

A proposta construtiva inclui diversos materiais reutilizados, como pneus, entulho, material de demolição ou descarte, telhas cerâmicas, esquadrias antigas, pisos cerâmicos, espelhos quebrados, madeira e pilares, garrafas de vidro, garrafas PET, caixas de leite, óleo queimado e entre outros, seja no sistema de paredes, para possibilitar iluminação ou saneamento. O que rompe o processo de descarte para uma ressignificação, os quais possibilitam a destinação dos resíduos com uma nova utilidade e trazendo a possibilidade de melhor qualidade para a moradia com menor custo, além de evitar o consumo de novos produtos e conseqüentemente a exploração ambiental e poluição envolvida nos processos. No caso dos produtos comprados, deve-se atentar para quantidade necessária, qualidade, compra no comércio local ou o mais próximo possível, evitar ao máximo o desperdício e produção de entulho ou poluição. As sobras de material podem ser revendidas entre a própria comunidade ou para locais que realizam reutilização, como cemitérios de azulejos.

Outro ponto que necessita de planejamento, se refere ao tratamento dos resíduos produzidos com o uso da habitação - esgoto, restos de alimento e embalagens -, para resíduos oriundo da alimentação é indicada a separação dos resíduos, como em material orgânico, reciclável ou não. Essa separação e com os processos básicos e simples - sem gerar odores ou ambiente favorável para animais nocivos à saúde -, possibilita a destinação dos resíduos orgânicos para a compostagem no próprio terreno da moradia. Essa alternativa pode acontecer até mesmo com caixas em apartamentos, mas pela disponibilidade de espaço pode ser realizado em maior escala, incluindo as folhas secas das árvores, poda do terreno, juntamente aos restos de alimentos.

A compostagem é uma destinação ambientalmente adequada de acordo a Política Nacional de Resíduos Sólidos, os resíduos se transformam em composto, garantindo nutrientes para o solo e reduzindo o acúmulo de rejeitos de maneira sustentável e positiva para a terra, evita a disposição incorreta, poluição no terreno e acúmulos em “lixões”. Considerando a vida mais afastada na cidade, a maioria dos resíduos tendem a ser orgânicos, mas em caso de outros materiais podem ser separados para reformas na moradia - como para confecção de novas lâmpadas de moser - ou direcionadas para locais que realizam o tratamento adequado, o foco principal é não produzir os resíduos, mas deve-se planejar a reutilização ou o direcionamento adequado.

## 6.7. Aspectos estéticos

**Figura 103 - Urban jungle: ambiente interno com vegetação**



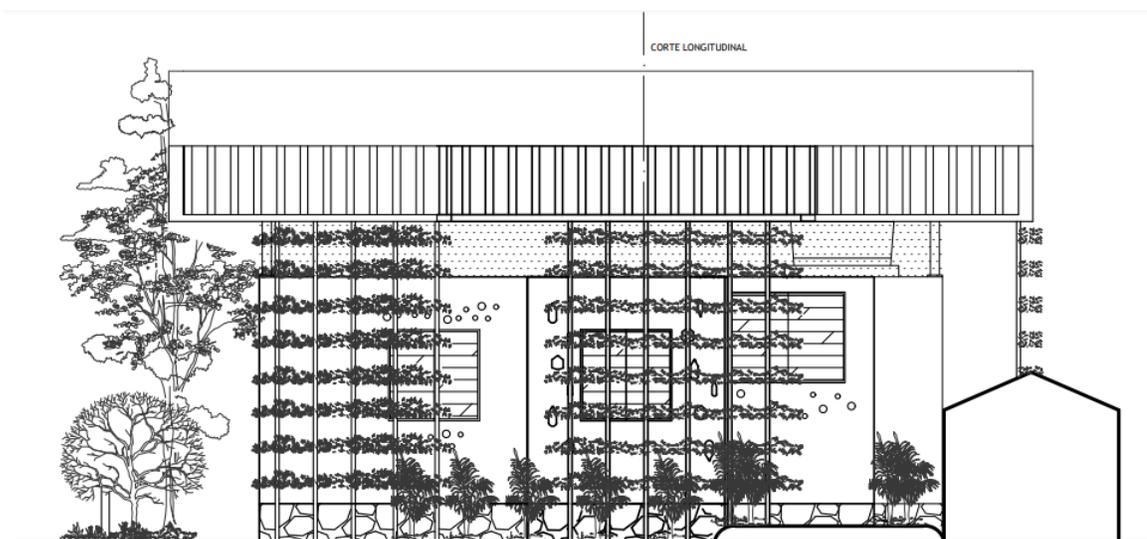
Fonte: <https://casavogue.globo.com/>

A questão estética para uma habitação de taipa de mão pode ser de diversas formas, desde o acabamento com ferramentas para um resultado final com aparência de uma construção convencional ou representando aspectos artesanais - o que é o mais desejado para o projeto, por ser original e manual -. Para as paredes podem ser confeccionadas com diferentes texturas e desenhos com as mãos durante o barreamento (Figura 104), também podem ser incluídas, nas tintas de barro, os pigmentos naturais e o ecoprint com plantas da região - as plantas funcionam como um carimbo, deixando seu formato na parede -. As plantas estão em diversas aplicações do projeto garantindo uma série de benefícios, inclusive o bem-estar dos moradores - aspectos citados na arquitetura biofílica - seja por uma vista para árvores e plantas, a visita de animais e insetos, a vegetação interna ou no telhado (Figura 104).

**Figura 104 - Relevos e desenhos manuais em paredes de terra**



Fonte: <https://br.pinterest.com/>

**Figura 105 - Fachada fundo/norte e a vegetação**

Fonte: autoria própria

A fachada principal da moradia é orientada para o sul, com a iluminação uniforme e evitando o aquecimento excessivo do norte. As garrafas de vidro podem ser inseridas na construção em diferentes posicionamentos, para a fachada e em outros locais da casa, as garrafas podem ser inseridas diretamente ou cortadas com equipamentos simples por meio de choque térmico. A iluminação com as garrafas de vidro trazem um efeito de luz único para o ambiente por conta das diferentes cores do vidro. Na fachada também é incluída um forno à lenha - o mesmo pode ser confeccionado de adobe -, banco artesanal de barro conectado à parede, assim como na sala, os quais podem ser feitos com a técnica COB, assim como alguns móveis propostos para sala - técnica de construção com terra composto por argila, areia, água e palha -, nessa área o beiral foi estendido para gerar maior conforto e proteção à chuva. No acesso principal do terreno, é representada uma grade com garrafas de vidro e no perímetro do terreno são colocadas plantas nativas com espinhos e trepadeiras.

**Figura 106 - Grade com garrafas de vidro**

Fonte: <https://br.pinterest.com/>

**Figura 107 - Moradia de terra com vegetação**

Fonte: <https://google.com/>

### **6.8. Subsistência, lazer e vegetação**

Um ponto relevante para execução dos processos, é não retirar desnecessariamente as árvores e demais plantas que existem no terreno, além de plantar novas árvores durante a execução do processo construtivo. Deve-se lembrar que para árvores de muita folhagem, as mesmas vão auxiliar no sombreamento e resfriamento, mas podem impedir a iluminação natural. Ao pensar em possibilidades para alimentação e subsistência dentro do pequeno terreno da moradia proposta, foram destinado espaços para o cultivo de árvores e hortas orgânicas, incluindo Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANC), sagradas medicinais, aromáticas, com flores, verduras e frutas, principalmente plantas nativas da região e replantando as espécies que já existem no terreno antes das intervenções propostas, as quais podem ser preservadas durante a construção. As vegetações da BET e do círculo de bananeiras do tratamento de esgoto, também podem ser consumidas sem perigo à saúde.

A vegetação tem outras funções relevantes por atraírem insetos e animais, colaborando com a biodiversidade e buscando reduzir os efeitos com a alteração no espaço natural, no qual também é incluído um alimentador de pássaros. A horta pode ser iniciada durante a execução da fundação, para que cresça e se fortaleça ao decorrer da construção, pode-se cavar um canal ao redor da área destinada para horta mantendo o local mais úmido ao chover. Todas as plantas podem e devem ser enriquecidas com o próprio composto produzido pela compostagem de alimentos.

**Figura 108 - Horta**

Fonte: <https://br.pinterest.com/>

A estratégia de sombreamento com a vegetação conectada ao beiral por garrafas PET ou tubos de PVC, é construída como uma horta vertical, o que permite o plantio de trepadeiras ricas em nutrientes - como a ora pro nobis -, ervas ou outras plantas de pequeno porte, assim como plantas aromáticas para afastar animais que possam se aproximar da moradia. As vegetações do solo também podem possuir essas características e seguram a água da chuva evitando respingos que possam deteriorar a parede ao longo do tempo.

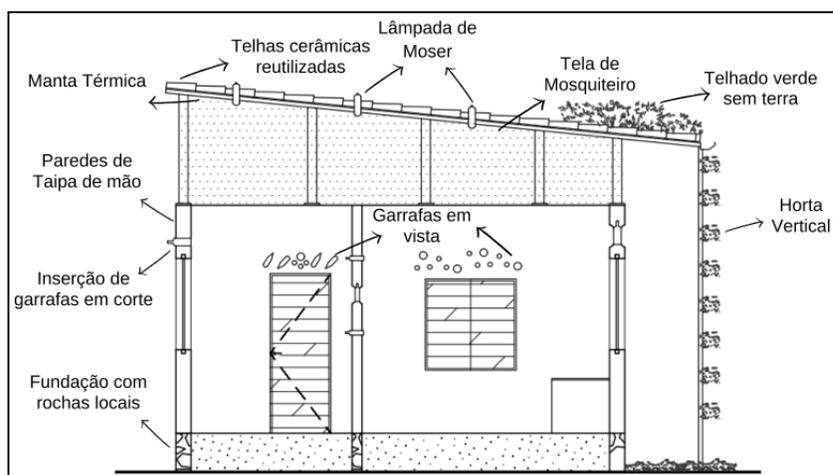
**Figura 109 - Tipos de horta vertical fixa em beiral**

Fonte: <https://google.com/>

Com o cultivo e desenvolvimento dessas espécies no terreno, é possibilitado realizar trocas ou venda entre a comunidade local, o comércio de frutas, verduras e outras ervas, artesanatos e o próprio composto orgânico para plantação, dessa forma pode auxiliar como

fonte de alimento e renda para os moradores. Uma habitação está muito além de um abrigo e, principalmente em uma situação de baixa renda, deve auxiliar na produção de alimentos e trabalho (SANTANA, 2016). Podem ser observadas algumas propostas sugeridas na Figura 110.

**Figura 110 - Representação de algumas propostas para habitação**



Fonte: autoria própria

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A taipa de mão, quando aplicada de forma coerente, é sustentável por si só. Seja devido a redução de consumo de energia, a utilização de materiais naturais que podem retornar a Natureza e até serem reutilizados, ausência de produtos químicos danosos à saúde dos seres vivos, além de proporcionar a inclusão de inúmeras alternativas de reutilização e reciclagem de resíduos - como foi proposto no projeto arquitetônico -, mas ainda dispõe de benefícios específicos relacionados à técnica, como o baixo custo, simplicidade construtiva, preservação cultural, inércia térmica, propriedades higrotérmicas, isolamento térmico, acústico e proteção sísmica. A sua utilização na contemporaneidade - como foi observada na visita técnica - possibilita ressignificar a relação social de inferiorização das construções vernaculares para uma perspectiva de acesso às condições básicas, independência, melhor qualidade de vida e de empoderamento, ao preservar a continuidade de práticas que são símbolo de resistência à escravidão e exploração das etnias indígenas e africanas, assim como nas lutas para sua sobrevivência em uma sociedade que subalterniza tais comunidades e suas práticas.

O estudo desenvolvido demonstra a relevância do tema para a valorização do potencial dos benefícios das técnicas vernaculares e a sua viabilidade de emprego em contextos formais e contemporâneos, porém a possível aplicação da proposta específica depende do interesse e acesso à informação para as comunidades de baixa renda no ambiente rural, em busca da instrução do real potencial construtivo para alcance da aceitabilidade e aplicação da tipologia construtiva. Enfatizando a instrução para construção aperfeiçoada para evitar falhas construtivas que constituem os preconceitos com a taipa de mão, a técnica pode ter uma aparência final semelhante à construção convencional, a mesma pode ser aplicada para todo tipo de habitação e não se restringe à uma habitação de baixa renda, além de que - diferente do que é observado em diversas políticas públicas habitacionais - é necessário ofertar uma habitação que gere uma condição de maior independência, preservação à Natureza, redução de custos e materiais. Não basta apenas estudar a técnica e conhecer outras formas sustentáveis e acessíveis de construção, sem que essa informação possa ser divulgada para onde seja verdadeiramente útil e como ferramenta de autonomia e melhoria de qualidade de vida.

Todos os processos para o desenvolvimento do trabalho foram relevantes para o aprofundamento na técnica construtiva. O conhecimento formal adquirido pelos trabalhos científicos e as experiências práticas - participação no barreamento, confecção da maquete e o projeto arquitetônico - possibilitaram uma compreensão do processo construtivo por diferentes ângulos, sua relação histórica, as variações/adaptações possíveis para atingir seu melhor resultado, vantagens, desvantagens e como contorná-las, ampliando o repertório criativo que anteriormente estava limitado ao âmbito teórico.

A visita técnica e a entrevista realizada permitiram a observação do resultado final com qualidade construtiva, a perspectiva do morador de uma habitação de taipa de mão que realizou a autoconstrução aperfeiçoada e sua relação com uma construção não convencional, tais dados confirmaram a viabilidade da aplicação e auxiliaram na escolha de intervenções construtivas para o projeto proposto, assim como as atividades práticas que colaboraram para a compreensão dos detalhes de determinadas etapas. Além da contribuição das atividades práticas, podem ser citados outros tópicos para enriquecimento da formação da pesquisadora viabilizados pela pesquisa, como: estudar e compreender questões relacionadas a uma técnica ancestral e regional, impactos da construção convencional, as condições e pontos específicos para uma técnica natural, sua aplicação em uma proposta formal/técnica e o desenvolvimento de um projeto que alinha questões como a qualidade de vida e sustentabilidade com alternativas de baixo custo.

O Projeto arquitetônico foi desenvolvido a partir do embasamento no arcabouço teórico, buscando alinhar a habitação e autoconstrução em taipa de mão de maneira sustentável para uma família de baixa renda, abarcando questões como conforto ambiental - sombreamento, iluminação natural, ventilação, vegetação -, reutilização de materiais, abastecimento, aquecimento natural, tratamento de resíduos orgânicos pela compostagem, saneamento com fossa verde e círculo de bananeiras, além de algumas possibilidades para subsistência como a produção de alimentos. As alternativas mais indicadas variam a partir das condições específicas para a aplicação do projeto e são descritas para expressar as motivações para cada escolha. Por meio do desenvolvimento do projeto arquitetônico e as propostas de composição na habitação, foi possível notar a necessidade do aprofundamento de questões que não foram foco do trabalho, como: uma construção de terra totalmente acessível; produção de manuais e roteiros construtivos didáticos sobre técnicas tradicionais sustentáveis e de baixo custo, promovendo a autoconstrução aperfeiçoada e alternativas com materiais

naturais para impermeabilização eficiente - sem a composição de produtos químicos ou industrializados - para áreas molhadas em paredes de barro.

O estudo e projeto arquitetônico desenvolvidos na pesquisa buscaram, como descrito nos objetivos, analisar o potencial construtivo da técnica da taipa de mão e o processo para sua implementação em uma perspectiva formal projetual - sem buscar limitar ou padronizar a técnica -, o que foi comprovado positivamente em suas diversas qualidades e a viabilidade da tipologia construtiva popular em aplicação na proposta arquitetônica para uma habitação de interesse social para uma família na zona rural do Recôncavo baiano. As propostas apresentadas neste trabalho são direcionadas para uma situação específica alinhada à necessidade de moradia digna e demais serviços básicos de baixo custo, porém tais alternativas não são restritas ao ambiente rural e nem somente para habitações de interesse social, sua aplicação pode ser enriquecida em diferentes perspectivas de conhecimento, como por profissionais da área da construção civil, pela sabedoria popular, participação em trabalhos voluntários, assim como os trabalhos científicos e demais informações eficientes disponíveis no meio virtual. A união da técnica tradicional ao embasamento formal não busca limitar o processo construtivo ancestral e secular em metodologias ou em um padrão único, mas, sim dialogar com as sabedorias e conhecimentos populares para definir as etapas principais para o seu bom desempenho em harmonia com as práticas do setor da construção civil.

A partir da execução do trabalho, percebe-se a relevância de tal tema como ferramenta para promoção da qualidade de vida para toda a sociedade e para as comunidades de baixa renda no meio rural, por meio de uma alternativa que abarca a preservação ambiental, de baixo custo e de valorização da cultura tradicional de maneira sustentável. A Natureza é um conjunto vivo ao qual pertencemos, a harmonia entre todas as partes é fundamental para a sobrevivência do conjunto com menor desigualdade e maior autonomia.

## REFERÊNCIAS

ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2020**, São Paulo, dez. 2020. Disponível em: <https://abrelpe.org.br/panorama-2020/>. Acesso em 27 nov. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15220-3: **Desempenho térmico de edificações Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social**. Rio de Janeiro, 2005, 30p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 6122: **Projeto e execução de fundações**. Rio de Janeiro, 2010, 91p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 9050: **Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos**. Rio de Janeiro, 2020, 147p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 5410: **Instalações elétricas de baixa tensão**. Rio de Janeiro, 2004, 209p.

AZEVEDO, Esterzilda Berenstein de. **Engenhos do Recôncavo Baiano**. Brasília, DF: Iphan / Programa Monumenta, 2009. 140p.

BAYER, Ana Paula. **Proposta de diretrizes para o desenvolvimento da arquitetura em terra no Rio Grande do Sul, a partir da interpretação de estratégias uruguaias**. Dissertação (mestrado) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm). Acesso em: 22 de ago. de 2021.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Elaboração de projeto de melhoria habitacional para o controle da doença de Chagas orientações técnicas**. Brasília, DF, 2013. Disponível em: [http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/melhoria\\_habitacional\\_chagas.pdf](http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/melhoria_habitacional_chagas.pdf). Acesso em: 23 dez. 2021.

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília, DF: Presidência da República, [2010]. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm). Acesso em: 4 jan. 2022.

BRASIL. **Lei nº 11.888, de 24 de dezembro de 2008**. Assegura o direito das famílias de baixa renda à assistência técnica pública e gratuita para o projeto e a construção de habitação de interesse social. Brasília, DF: Presidência da República, [2008]. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2008/lei/111888.htm#:~:text=LEI%20N%C2%BA%2011.888%2C%20DE%2024,16%20de%20junho%20de%202005](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/lei/111888.htm#:~:text=LEI%20N%C2%BA%2011.888%2C%20DE%2024,16%20de%20junho%20de%202005). Acesso em: 21 jan. 2022.

BRASIL. **Lei nº 4.380, de 24 de agosto de 1964.** Institui a correção monetária nos contratos imobiliários de interesse social, o sistema financeiro para aquisição da casa própria, cria o Banco Nacional da Habitação (BNH), e Sociedades de Crédito Imobiliário, as Letras Imobiliárias, o Serviço Federal de Habitação e Urbanismo e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, [1964]. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l4380.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l4380.htm). Acesso em: 13 fev. 2022.

BRASIL. **Lei nº 8.171, de 17 de janeiro de 1991.** Dispõe sobre a política agrícola. Brasília, DF: Presidência da República, [1991]. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l8171.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8171.htm). Acesso em: 25 fev. 2022.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Curso de Bioconstrução.** Brasília: MMA, 2008. 64 p.

BRASIL. Ministério do desenvolvimento social e combate à fome. **Programa Cisternas.** 2017. Disponível em: [https://www.mds.gov.br/webarquivos/arquivo/seguranca\\_alimentar/cisternas\\_marcolegal/tecnologias\\_sociais/cisterna%20de%20placa%20de%2016%20mil%20litro%20s01/io\\_sesan\\_n1\\_07072015\\_anexo.pdf](https://www.mds.gov.br/webarquivos/arquivo/seguranca_alimentar/cisternas_marcolegal/tecnologias_sociais/cisterna%20de%20placa%20de%2016%20mil%20litro%20s01/io_sesan_n1_07072015_anexo.pdf). acesso em: 17 dez. 2021

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 307, de 5 de julho de 2002.** Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Brasília, DF: Presidência da República, [2002]. Disponível em: [https://cetesb.sp.gov.br/licenciamento/documentos/2002\\_Res\\_CONAMA\\_307.pdf](https://cetesb.sp.gov.br/licenciamento/documentos/2002_Res_CONAMA_307.pdf). Acesso em: 13 jan. 2022.

BRASIL. Secretaria de Recursos Hídricos. **Território de identidade: 21 - Recôncavo Mapa de Solos.** 2004. Disponível em: [http://www.ceama.mpba.mp.br/boletim-informativo/doc\\_view/3617-estudo-de-regionalizacao-da-gestao-integrada-de-residuos-solidos-do-estado-da-bahia-territorio-reconcavo-mapa-de-solo.html](http://www.ceama.mpba.mp.br/boletim-informativo/doc_view/3617-estudo-de-regionalizacao-da-gestao-integrada-de-residuos-solidos-do-estado-da-bahia-territorio-reconcavo-mapa-de-solo.html). Acesso em 12 de ago. 2021

BRITO, Laerte Sousa de. Construção alternativa para unidades habitacionais de baixa renda em técnica de taipa. **Somma**, Teresina, jun. 2019. Disponível em: <http://ojs.ifpi.edu.br/revistas/index.php/somma/article/view/720/239>. Acesso em 22 set. 2020.

CAMPOS, Tairone da Silva. **HABITAÇÃO POPULAR: da autoconstrução ao compromisso social do arquiteto.** 2017. Monografia - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2017.

CANTEIRO, F.; PISANI, M.A.J. Taipa de mão: história e contemporaneidade. **I Terra Brasil**, Ouro Preto, nov. 2006. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/271829940>. Acesso em: 23 nov. 2021.

CARVALHO, T.M.P; LOPES, W.G.R. A arquitetura de terra e o desenvolvimento sustentável na construção civil. *In: VII CONNEPI*, Palmas: UFPI, 2012. Disponível em: <https://mac.arq.br/wp-content/uploads/2016/03/arquitetura-de-terra.pdf>. Acesso em 17 dez. 2020.

CARVALHO, R.N.F.M.; MIRANDA, C.S. A taipa como patrimônio cultural: a preservação do saber fazer. **RCT**, Belém, 2015. Disponível em: <https://revista.ufrb.br/rct/article/download/2479/1802>. Acesso em: 13 ago. 2021.

CARVALHO, R.N.F.M.; MIRANDA, C.S.; SOUZA, J.A.S.; MACÊDO, A.N.; BESSA, B.T. **A preservação do “saber fazer”**: A taipa-de-mão do “canto do sabiá”. Architexts, 2015. Disponível em: <https://vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/15.179/5533>. Acesso em 13 jun. 2022.

CERQUEIRA, R.; BARROS, B. Lâmpada de garrafa pet: alternativa para iluminação natural em habitação de interesse social do sertão alagoano. **XV ENTAC**, Maceió, nov. 2014. Disponível em: <https://docplayer.com.br/storage/74/70802624/1657490918/rusn13KUqXNL19FL7So89w/70802624.pdf>. Acesso em 17 dez. 2020.

CIENCIA Y TECNOLOGÍA PARA EL DESARROLLO - CYTED. **Técnica Mixta de Construcción con Tierra**. [Salvador], 2003. Disponível em: [https://www.academia.edu/35702016/Tecnicas\\_Mixtas\\_de\\_Construccion\\_con\\_Tierra](https://www.academia.edu/35702016/Tecnicas_Mixtas_de_Construccion_con_Tierra). Acesso em 5 nov. 2021.

CORDEIRO, C.C.M.; BRANDÃO, D.Q.; DURANTE, L.C.; CALLEJAS, I.J.A. Construções vernáculas em terra: perspectiva histórica, técnica e contemporânea da taipa de mão. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, jan. 2019. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/view/8651212>. Acesso em: 02 jan. 2022.

DUARTE, Vanessa C. P. **Desempenho Térmico de Edificações**. Florianópolis: LABEE, 2016. 167 p.

EARTHSHIP. **Earthship Biotecture**. 2022. Disponível em: <https://www.earthshipglobal.com/design-principles>. Acesso em 29 mar. 2022.

FACHIN, L.A.; SILVA, G.L.; CHARARA, K.; PINATTO, L.C. Aquecedor solar: telhados ecológicos com reaproveitamento de garrafas pet na produção de água quente por captação de energia fotovoltaica. *In: VIII Encontro Senac de Conhecimento Integrado*, São José do Rio Preto: SENAC, 2019. Disponível em: [http://www3.sp.senac.br/hotsites/campus\\_santoamaro/cd/arquivos/8\\_encontro\\_final\\_anais.pdf](http://www3.sp.senac.br/hotsites/campus_santoamaro/cd/arquivos/8_encontro_final_anais.pdf). Acesso em 16 set. 2021.

FERREIRA, Luís Manuel Rodrigues. **Arquitetura de terra: das técnicas construtivas ao desenvolvimento de competências**. 2015. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Ciência e Tecnologia, Universidade Fernando Pessoa, Porto, 2015.

FIGUEIREDO, I.C.S.; SANTOS, B.S.C.; TONETTI, A.L. **Tratamento de esgoto na zona rural**: fossa verde e círculo de bananeiras. Campinas: Biblioteca Unicamp, 2018. 28p.

FILHO, Geraldo Lúcio Tiago. **Carneiro Hidráulico**: o que é e como construí-lo. Rio de Janeiro: CERPCH, 2002. 7 p.

GHISLENI, Camilla. **O que é arquitetura vernacular**. 2020. Disponível em: <https://www.arhcdaily.com.br/br/951326/o-que-e-arquitetura-vernacular>. Acesso em 17 mar. 2022.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2002, 175p.

GOMES, C.P.; LEITE, G.U.; SENA, R.W.R.; ANDRADE, E.M.G. **Impacto Ambiental e Gerenciamento de Resíduos Sólidos Advindos da Construção Civil no Brasil: Uma Revisão de Literatura.** Id on Line, maio 2021. Disponível em: <http://idonline.emnuvens.com.br/id>. Acesso em 13 out. 2021.

INO, A.; LOPES, W.G.R. Aspectos construtivos da taipa de mão. *in: Técnica Mixta de Construcción con Tierra.* Salvador: PROTERRA/HABITED/CYTED, 2003. f. 16-31. Disponível em: [https://www.academia.edu/35702016/Tecnicas\\_Mixtas\\_de\\_Construccion\\_c\\_on\\_Tierra](https://www.academia.edu/35702016/Tecnicas_Mixtas_de_Construccion_c_on_Tierra). Acesso em 15 dez. 2021.

KELLERT, S.R.; CALABRESE, E.F. **The Practice of Biophilic Design.** 2015. Disponível em: [https://biophilicdesign.umn.edu/sites/biophilic-net-positive.umn.edu/files/2021-09/2015\\_Kellert%20\\_The\\_Practice\\_of\\_Biophilic\\_Design.pdf](https://biophilicdesign.umn.edu/sites/biophilic-net-positive.umn.edu/files/2021-09/2015_Kellert%20_The_Practice_of_Biophilic_Design.pdf). Acesso em 18 nov. 2021.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F.O.R. **Eficiência Energética na Arquitetura.** [3.ed.]. 2014. Rio de Janeiro. 361 p.

LENGEN, Johan Van. **Manual do arquiteto descalço.** Rio de Janeiro: Casa do sonho, 2002. 724 p.

LOPES, W.G.R.; MATOS, K.C.; CARVALHO, T.M.P. A importância da taipa de mão na história e na cultura do Brasil. *In: IV Congresso de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil, 2012. Anais [...].* Fortaleza: Terra Brasil, 2012. 136 -147 p.

MELO, Sarah Silva de. **Análise comparativa entre programas governamentais de habitação: Programa Minha Casa Minha Vida e Programa Casa Verde e Amarela.** 2021. (Graduação em Ciências Contábeis) - Escola de Gestão e Negócios, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2021.

MIKHAILOVA, Irina. Sustentabilidade: evolução dos conceitos teóricos e os problemas da mensuração prática. *In: Revista Economia e Desenvolvimento.* Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2004.

MINKE, Gernot. **Manual de construcción en tierra: la tierra como material de construcción y su aplicación en la arquitectura actual.** S.l.: Fin de Siglo, 2005.

—. **Manual de Construção em Terra uma arquitetura sustentável.** São Paulo: B4, 2015.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Doença de Chagas.** Disponível em: <https://antigo.saude.gov.br/saude-de-a-z/doenca-de-chagas>. Acesso em 25 de fev. de 2022.

NEVES, C.; FARIA, O.B. (org.). **Técnicas de construção com terra.** Bauru: FEB-UNESP/PROTERRA, 2011. 79 p.

NITO, Mariana Kimie da Silva. **Sistemas construtivos em terra crua: panorama da América Latina nos últimos 30 anos e suas referências técnicas históricas.** Cadernos de Pesquisa da Escola da Cidade. São Paulo, n. 1, p. 10-19, 2015.

ODUM, Eugene Pleasants. **Fundamentos de ecologia**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2001. 927 p.

OJUARA. **Entrevista I**. [ago. 2021]. Entrevistador: Monique Marambaia Ferreira Fonseca. Simões Filho, 2021. 2 arquivo.mp3 (130 min.). A entrevista na íntegra encontra-se transcrita no Apêndice A deste Trabalho de Conclusão de Curso.

ONU. ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil**. 2020. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em 20 dez. 2020.

ONU. ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **A ONU e o meio ambiente**. 2020. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/91223-onu-e-o-meio-ambiente>. Acesso em 20 mar. 2022.

PINHO, Manuela Martins. **De resíduo a recurso**: A reciclagem /reutilização de materiais não biodegradáveis em arquitetura. 2018. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) - Universidade do Porto, Porto, 2018.

PISANI, Maria Augusta Justi. Taipas: a arquitetura de terra. **Sinergia**, São Paulo, jun. 2004. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/271829655\\_TAIPAS\\_A\\_ARQUITETURA\\_DE\\_TERRA](https://www.researchgate.net/publication/271829655_TAIPAS_A_ARQUITETURA_DE_TERRA). Acesso em 13 jun. 2020.

PONTO DAS CABOCLAS. [Compositor e intérprete]: Camila Costa. Rio de Janeiro: Paris Primavera, 2013. MP4 (3 min). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=oeKh3RU8ttI>. Acesso em ago. de 2021

PORTELLA, A.J.F.; SILVA, B.D.; TOSELHO, M.E.C.; SIMÕES, R.D. **Arquitetura de terra** - processo histórico. Colloquium Humanarum, Presidente Prudente, out. 2015. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/292675793\\_ARQUITETURA\\_DE\\_TERRA\\_-\\_PROCESSO\\_HISTORICO](https://www.researchgate.net/publication/292675793_ARQUITETURA_DE_TERRA_-_PROCESSO_HISTORICO). Acesso em 13 out. 2020.

REDE TERRABRASIL. **Normas para construções com terra (ABNT)**. 2022. Disponível em: <https://redeterrabrasil.net.br/normas-para-construcoes-com-terra-abnt/>. Acesso em 25 abr. 2022.

REZENDE, G. B. M.; BRITO, A. L. C.; FREITAS, L. S. A prática do ecodesign na construção civil e a busca pelo direito fundamental ao meio ambiente ecologicamente equilibrado. **HOLOS**, 2017. Disponível em: <https://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/download/3961/pdf/15998>. Acesso em: 19 ago. 2021.

SACHS, Ignacy. **Estratégias de transição para o século XXI**. In: Para Pensar o Desenvolvimento Sustentável. São Paulo: Brasiliense, 1993.

SALVADOR. **Lei no 9.281, de 03 de outubro de 2017**. Norteia a execução de toda e qualquer obra e serviço no Município de Salvador, em consonância com o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano do Município de Salvador-PDDU e com a Legislação de Ordenamento do Uso e da Ocupação do Solo-LOUOS. Salvador: Câmara Municipal, 2017.

Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/codigo-de-obras-salvador-ba>. Acesso em: 16 de fev. de 2022.

SANTANA, Caroline Ribeiro. **TERRA: Uso em Habitação de Interesse Social no Brasil**. Trabalho final de graduação (Bacharel em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2016.

SANTOS, A.A.; RODRIGUES, M.D.; OLIVEIRA, T.A.; SILVA, R.O. O estudo da potencialidade da construção com terra visando à sustentabilidade em Sergipe. **Ciências Humanas e Sociais**, Aracaju, v. 6, n. 1, mar. 2020, p. 79-94. Disponível em: <https://periodicos.set.edu.br/cadernohumanas/article/view/8305/3830>. Acesso em 20 mar. 2021.

SANTOS, Francisco Ferreira dos. **Estudo de iluminação solar zenital com garrafas pet**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção Civil) - Departamento Acadêmico de Construção, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

SATTLER, Miguel Aloysio. **Habitações de baixo custo mais sustentáveis: a casa Alvorada e o Centro Experimental de tecnologias habitacionais sustentáveis**. Porto Alegre: ANTAC, 2007.

SERRADOR, Marcos Eduardo. **Sustentabilidade em arquitetura: referências para projeto**. Dissertação (mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.

SEVERINO, Antônio Joaquim. **Metodologia do trabalho científico**. 1. ed. São Paulo: Cortez, 2013. p.119

SILVA, Liliane Rodrigues da. **A Casa: Protótipo para habitação eco-sustentável de interesse social**. Trabalho final de graduação (Graduação em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2016.

SILVA, Cecilia Milanez Graziano da. **Habitação rural: uma luta por cidadania**. 2014. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

SOARES, G.R.; FERREIRA, G.Z.; WOELFFEL, A.B.; ALVAREZ, C.E.. **Modelos de habitação sustentável para população de baixa renda no município de Vitória-ES**. UFES, Vitória, 2003. Disponível em: [https://lpp.ufes.br/sites/lpp.ufes.br/files/field/anexo/2003\\_artigo\\_065.pdf](https://lpp.ufes.br/sites/lpp.ufes.br/files/field/anexo/2003_artigo_065.pdf). Acesso em 3 nov. 2020.

VIEIRA, Guilherme Silva. **Metodologia de pesquisa científica na prática**. Curitiba: Editora Fael, 2010, 152p., p.51-77.

VIEIRA, Carolina Nascimento. **Habitus e habitação: a precarização ideológica da taipa de sebe no Brasil**. 2017. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2017.

VILLELA, Adriana. **Construção com Vidro, Gente e Sucata: reaproveitamento de recursos naturais do vidro e da criatividade humana na Cooperativa 100 Dimensão do Distrito Federal**. 2007. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável) - Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

## APÊNDICE A - Entrevista sobre autoconstrução aperfeiçoada de taipa de mão

### ENTREVISTA I

#### **Legenda:**

10/08/2021

O entrevistado: Ojuara, é morador há cinco anos do Sítio Terra Estelar (Colmeia - Simões Filho/Ba). O ambiente havia sido desmatado e está em processo de recuperação, estava sem cobertura vegetal no terreno, atualmente produz seus próprios alimentos orgânicos e o entrevistado enfatiza a importância de interagir positivamente com o ambiente que vive.

Sua formação técnica é em elétrica, adquiriu os conhecimentos de bioconstrução e permacultura atividades voluntárias que realizou em viagens. O aprendizado foi construído ao participar das atividades práticas e não se considera um especialista, mas em cada técnica natural (pau a pique, taipa de pilão, COB, hiperadobe,...) possui experiências que viabilizem uma boa execução. Nunca participou de cursos formais pagos em bioconstrução, pelo alto valor de investimento e dificuldade de acesso, mas em obras particulares, as pessoas precisavam de ajuda em suas próprias construções o que gerava as oportunidades para participação e compartilhamento do conhecimento.

Nessa entrevista será relatada a construção de uma casa de Taipa de mão e o barreamento do banheiro seco externo.

#### **1- Qual técnica construtiva foi escolhida para moradia? Por que foi escolhida?**

Uma construção inteiramente de Taipa, mas não se trata da Taipa que fica abandonada, rachando e sem cuidados, muito relacionada a doença de Chagas - preconceito que é muito associado a esse tipo de construção - . Ainda sobre o barbeiro e a doença de Chagas, esses insetos não perfuram a casa para fazer sua moradia, mas aproveitam as frestas existentes (rachaduras, fissuras, frestas, onde há espaços vazios), é muito mais fácil encontrar barbeiro em palhas de plantas, cana, palmeiras (açai), muito além da casa de Taipa. Com relação à pobreza e preconceitos, as pessoas que dominam essas técnicas não

têm interesse nessa construção para não serem associadas a pessoas pobres e acabam optando por construções convencionais industrializadas.

A casa de taipa é a bioconstrução mais tradicional da nossa região (Simões Filho/Ba), quiçá da Bahia e do Nordeste. Mais utilizada, mais avançada e mais ideal para o espaço. A melhor técnica será aquela que melhor se adapta com o lugar e os materiais disponíveis na região; o empoderamento das biotecnologias; vontade de exercer a técnica; tempo e valor mais acessível; na situação em questão foi possível a colaboração de pessoas que possuem o conhecimento da técnica passada entre as gerações, com quem sabe fazer, além da execução em mutirão.

Fazendo a taipa, rebocando - fechando as fissuras e frestas - e depois a cobertura com a tinta de argila, a construção fica selada e pode ter um acabamento semelhante ou igual a uma alvenaria de tijolo. Se forem utilizadas ferramentas, como colher de pedreiro, ela ficará lisa, porém quando é feita a mão ganha esse aspecto orgânico, ondulado e artesanal. Mesmo com o revestimento e a pintura, o barro continua respirando, em época de chuva, vizinhos - moradores de casas convencionais com materiais industrializados - relatam bastante problema de umidade, essa questão não o afeta sua moradia pela respiração da terra, que permite que a umidade seque.

**2- Quantos m<sup>2</sup> ? Apenas 1 pavimento? Se desejasse ampliar com mais um pavimento, a estrutura suportaria?**

Creio que em torno de 20 m<sup>2</sup>, cômodo único aberto - quarto e cozinha -, apenas 1 pavimento (térreo). Não seria possível a construção de outro andar com a mesma estrutura pois somente fazendo a previsão anteriormente na obra - dimensionamento de pilares, vigas, fundação - mas pode ser ampliada lateralmente, tendo em vista que os pilares devem suportar esforços maiores.

**3- Qual o tipo do terreno e a fundação utilizada? Quais estratégias para proteção contra umidade?**

O terreno é bem argiloso. A fundação foi toda de pedras da região, sem cimento, o mais simples possível. É a fundação que vai em volta da casa - baldrame -, faz uma vala de pedras e os pilares - de madeira - são enterrados.

A casa não foi elevada, a estratégia foi retirar a água de perto da casa - fazendo valas ao redor da moradia para direcionar a água da chuva -, tem beiral grande (1m), a parte da entrada tem uma mistura de barro e cimento no piso. Para os pilares (estrutura principal), as proteções contra umidade foram: óleo de cozinha usado na base e sapata de cimento. Para região é mais adequado, pois é muito úmido e o óleo não é eterno, é mais indicado para um local que você possa repor em outros momentos, além de que há muito cupim de solo, que chegaram a comer parte da trama da parede (estrutura secundária), mas como o que segura a parede agora é o Barro não tem problema, coloquei veneno para não chegarem até o telhado - evitar o perigo de cair as telhas -.

Na estrutura do banheiro seco, foi elevado e a fundação foi convencional (cimento).

#### **4- Conhece alguma técnica de fundação com pneu, outro material reutilizável ou sem utilizar cimento?**

Com pedra e pneu para menor custo, mas deve ser da região para garantir que não haverá gasto com transporte do material; Com pneu, não pode ir só com o barro, pois ele cede (deforma) e não de maneira uniforme. Para uma caixa d'água pode ser, pois ela cederá para dentro, em caso de outra estrutura como uma casa deve fazer de outra maneira.

#### **5- Qual foi o tipo de telhado, sua estrutura, materiais e onde foram adquiridos?**

A madeira dos barrotes - caibros e ripas - em sua maioria foram comprados, para facilitar o trabalho (por serem regulares); As telhas cerâmicas foram reutilizadas, encontradas na rua e em descarte. A construção do Telhado foi realizada em seguida da fundação, protegendo a trama de madeira e sem atrasar a obra em caso de chuvas.

Primeiro você sobe a estrutura e o telhado, porque se pegar chuva após subir a parede ela não vai aguentar, o trabalho vai ser totalmente desfeito. Uma parede já mais

velha, como a da casa, se retirar o telhado e receber chuva, ela vai resistir bastante ainda, mas uma que foi feita recentemente não.

#### **6- Quais as características - material, tipo, amarração - da Trama?**

Para os pilares: foi de madeira “Biriba”, a mesma matéria que é utilizada para o berimbau, e “Sucupira” que são madeiras boas da região, mas só foram utilizadas por conta da quantidade do material disponível. A biriba é entouceirante, então ao retirar um tronco ela vai continuar se reproduzindo, não foi desmatada.

O resto da trama parte foram galhos menores de biriba e/ou sucupira e quando chegou ao fim, começou a utilizar o talo de dendê, foi misturado em decorrência do material disponível no local. O tipo de Trama foi quadrada com aberturas um pouco maiores pela utilização de talos de dendê de menor espessura. Foram utilizados esses materiais por serem da região, a intenção não era utilizar coisas de fora, e sim ser sustentável, trabalhar com o que há por perto e sem exaurir as fontes.

Para a trama do meio (estrutura secundária) não importa muito, não será a estrutura que segura a casa - pode ser de talo de dendê - essa estrutura vai ser importante para segurar o barro, o que é estrutural são os pilares e vigas, a armação externa principal.

A trama e o barro são responsáveis pela vedação nessa técnica, Depois do barreamento a estrutura da trama não importa mais tanto, pois o barro vai comprimir, secar, grudar, até endurecer como pedra; Pintando os dois lados ainda garante muito mais essa melhor durabilidade, o reboco é super importante para garantir resistência ao intemperismo.

#### **7- Sobre bambu, o que acha desse material para taipa de mão e quais os tratamentos?**

Não tenho muita experiência com o bambu, mas conhece o tratamento defumado; Tem a lua mais indicada, que é a lua nova; O bambu da região é Vulgaris que tem muito amido, não sendo muito indicado para construção, os com menos amido são mais indicados, assim como os gigantes que são mais resistentes e maiores são melhores também; Não houve muita experiência por conta da necessidade de ferramentas, mas tenho interesse;

**8- De qual local foi retirada a terra/solo para o barreamento? Foram realizados testes? Qual a preparação necessária para lançamento na parede?**

Da própria região. Tem que ir testando e ver o quanto ela racha, você pega o barro puro e depois vai fazendo misturas (com areia, palha, cinzas) para ver como ele se comporta e quanto racha depois de secar, sempre levando em consideração que vai se utilizar o que há disponível na região. Outra coisa que vai para a piscina - espaço no chão escavado para coleta do barro e destinado para a preparação da mistura - é a água da chuva, há valas em volta da casa que levam a água da chuva em direção ao barro, também vão levando outros materiais enquanto passam pelo caminho da valas;

Com o conhecimento das outras técnicas de bioconstrução, percebemos que há diversos materiais que podemos adicionar na mistura para melhorar o resultado. Diferente do que é mais comum na taipa que é só jogar o barro - Terra crua e água - o que vai facilitar, ou não impedir, a maior retração e as fissuras. A mistura para subir a parede foi composta de cinzas; “resto” de mato (palhas); azedou/fermentação da terra - deixando essa mistura agir por alguns dias -; Terra das galinhas; gordura da pia com um balde ia coletando a água da lavagem dos pratos e depois jogava na piscina, essa técnica foi conhecida em uma prática de voluntariado na Bolívia, o cano da lavagem de pratos caindo no barro da mistura. Esses componentes favorecem a fermentação, o que vai gerar a liga no barro. Se for possível tampar a piscina de barro da mistura, tornaria a fermentação escura e fazendo gerar ainda mais liga. As palhas são as que você tira da roçagem da região, corta e joga na mistura do barro.

O esterco já foi utilizado, mas como não tem fácil na região, não usei dessa vez; Outras coisas que pode utilizar, são: folhas secas, resto de cal, a palha cortada e em tiras dos talos é o melhor; Utilizar a mistura que é feita para o COB na taipa vai garantir um ótimo resultado e quase sem necessidade de reboco.

**9- Como foi realizado o processo de barreamento?**

Para aplicação o ideal é ficar uma pessoa de um lado e outra do outro lado - da trama, interno e externo da moradia -, para que ao lançar um lado já segura o outro, mas

também pode fazer sozinho - lançando de um lado de cada vez - e depois ir fazendo no outro lado; Não há necessidade de muita força, nem muito de longe para a massa não voar distante do local ideal, você jogando uma boa quantidade firme já é suficiente, o que descer só é pegar e jogar de novo. O lançamento é feito das laterais para o centro - diagonalmente - e subindo aos poucos, processo semelhante às construções de outros animais e insetos.

A taipa por ser toda amarrada, se ocorrer algum movimento, acontece em conjunto sem deixar a casa cair, ela mesma se segura (em caso de terremotos ou ações mecânicas).

**10- Como foi realizado o barreamento, mutirão ou sozinho? Quantas camadas? Quanto tempo foi necessário para esse processo (subir as paredes, endurecimento, revestimento)?**

Mutirão. Camada mais pesada, que é a primeira cobertura, é a camada mais robusta. As outras que virão são consideradas como reboco, entre dois rebocos e, para ficar perfeito e colocar mais duas camadas de tinta, a espessura total fica entre 13 e 20 cm. A tinta é como se fosse um reboco mais fino, a proporção da tinta deve ser experimentada também, normalmente fica 4 kg de argila: 1 litro de cola mais o óleo usado e água, as últimas serão adicionadas até se obter a quantidade adequada e efeito semelhante a uma massa de tinta.

**11- Pode perfurar a parede, pendurar quadros e prateleiras?**

Se houver previsão na construção, sim, porém se não houver sido planejado, não pode. Não é indicado colocar nenhum peso que não tenha sido previsto anteriormente, deve-se colocar na trama da madeira, amarrada com arame ou corda, os suportes necessários para suportar o peso que é desejado. Pode ser feita uma prateleira embutida, a qual será tapada junto da parede no barreamento, tomando cuidado com o peso para que ele não sobrecarregue e derrube parte da parede.

**12- Como foram realizadas as instalações hidráulicas e elétricas, com eletrodutos e tubos amarrados dentro da trama? E caso seja necessário manutenção e conserto, como será realizado?**

A instalação elétrica foi embutida dentro da taipa e a instalação hidráulica não foi colocada na casa, a intenção foi a casa ser apenas cozinha e o alojamento. Ao colocar as instalações hidráulicas internas, tem que se preocupar com problemas de vazamentos, se não colocar já é menos uma preocupação ou pode colocar as instalações aparentes.

Para fazer a correção na instalação, é melhor tampar o fio e fazer uma nova instalação por fora, não tem problema ficar aparente, fica interessante. As tomadas da casa são embutidas também.

### **13- Como funciona o banheiro seco? Higiene e controle de gases?**

Esse banheiro tem a tecnologia mais antiga e tradicional, como se fosse um buraco no chão, pode fazer as fezes e pode urinar, porém enche mais rápido. Pode separar os baldes, um para urina (biofertilizante) e outro para fezes, para cobertura - serve para abafar o cheiro e colaborar com o processo de decomposição - podem ser utilizadas as cinzas do fogão a lenha, serragem, palha e folhas secas.

### **14- Quais seriam os cuidados nas paredes e piso para proteger as áreas molhadas, como banheiro convencional/box e cozinha, da umidade?**

Investir muito na impermeabilidade, com a mistura de tinta com óleo - tinta -, para o piso o recomendado é o cimento (sem experiência com piso de barro lavável), pode-se colocar azulejos, assentar em uma argamassa, deixando a aparência lisa; Para manter as ondulações da parede e piso, pode-se utilizar cerâmicas partidas e fazer uma espécie de mosaico, o que vai facilitar para encontrar na rua ou em descarte. Para comprar cerâmica é caro, o que sai da estratégia de ser com o menor custo e reutilizável. Aqui é utilizado cimento e cerâmica para proteger o banheiro e a umidade na região.

### **15- Há reservatório de água? Tem algum sistema de reutilização de água?**

Estamos acima do aquífero São Sebastião, a água potável vem do poço do terreno e é direcionado para o reservatório, é água mineral. A água é reutilizada para a piscina da argila, direcionada pelas valas, mas tem um reservatório para água da chuva.

**16- Como foi realizado o contrapiso e qual o tipo de piso foi escolhido ?**

Aqui tem contrapiso normal, pois foi desejado o piso convencional na época da construção, mas tenho interesse pela experiência com piso de barro apilado, pode colocar a massa da tinta e bastante óleo para deixar mais selado para melhorar o efeito e evitar poeira.

**17- Quais as atividades necessárias para o revestimento/reboco?**

O reboco deve ser colocado com firmeza, jogar água na base antes do lançamento e o que cair - em caso de camada mal feita anteriormente - é melhor, pois tudo que está quase caindo é inseguro. Um erro no lançamento é que a base deve ser bastante molhada para garantir a aderência e a forma que for jogada, você tem que passar com força como se sua mão fosse uma ferramenta empurrando a massa para dentro da parede. A textura dessa massa é bem mais pastosa e líquida que a massa de barreamento - primeira camada -. A composição do reboco pode ser argila, cinza e palha, a cal pode ser adicionada, mas não é necessário. Posteriormente é adicionada a camada de tinta com óleo de cozinha usado, cola branca e terra.

Não há nenhum material industrializado na parede para não quebrar a respiração da terra, o respirar faz parte dela. Se você quiser dar o efeito de uma casa de alvenaria, é só utilizar ferramentas - espátula, desempenadeira - para deixar o acabamento liso. Pode utilizar tinta acrílica para contribuir nessa aparência, para quem não quer ter a aparência de uma casa de terra, mas vai perder grandes qualidades da técnica como o processo de “respiração”, a qualidade térmica, as vantagens da casa de barro, mas terá a aparência de uma construção convencional;

No caso dos insetos, há o problema das abelhas solitárias e as formigas que não fazem ninho também tentam entrar. Fazendo o revestimento com a tinta de terra, elas não

entram, o ideal é fazer todo o revestimento de uma vez impedindo que o bichinho faça outro buraco ou se aloje em outra fresta.

Caso as paredes não tenham revestimento - as camadas de reboco - ela vai sofrer mais, sem a pintura ou reboco vai soltar mais poeira e vai ficar mais exposta, quanto mais tinta mais resistente ela vai ficando.

**18- Foi feita a reutilização de algum material?**

Telhas, garrafas e óleo para tinta. Possui telhas de vidro e as garrafas de vidro que permitem a passagem da luz natural. Hoje em dia gostaria de utilizar mais garrafas do que na época da obra, por conta da reutilização do material, o efeito bonito, a passagem de luz natural.

**19- Qual a estimativa de durabilidade de uma edificação em taipa de mão?**

Eternamente, enquanto tiver barro ela não vai cair e com todas as coberturas necessárias de reboco e tinta, em determinados momentos será necessário a manutenção da parede, o que é resolvida jogando mais barro. Se ela não tiver contato com água e nem acidentes mecânicos - fissuras ou interferência de animais -, não será necessário a manutenção, porém em caso de uma infiltração constante a parede tem grande chance de cair, com o barro úmido ele vai se tornar sensível.

**20- A obra teve o acompanhamento técnico? Houve dificuldade para encontrar mão-de-obra? Foi a mesma equipe do início ao fim?**

Não, a casa foi construída com minha experiência e colaboração com dois moradores do Quilombo Dandá (próximo à região), os quais possuem a sabedoria da técnica à gerações. Para o barreamento teve mutirão com mais de 20 pessoas e terminou em uma manhã, nesse momento havia muitas pessoas experientes na técnica.

<b>21- Houve empecilhos durante o desenvolvimento ? Se sim, quais foram?</b>
Necessidade de mão de obra - mutirão -, precisa de ajuda, se tiver mãos, mesmo sem experiência e voluntários, está ótimo. Quanto mais gente, mais rápido, é a lógica da bioconstrução.
<b>22- Qual o período mais adequado para realizar a obra?</b>
Com o telhado já construído e o barro protegido da chuva, de maneira em que possa ser controlado a quantidade de água. A chuva não será impedimento e a obra pode ser realizada a qualquer momento, mas se não estiver coberta, vai encher água e terá que adiar até ficar mais seco.
<b>23- Considera que o sistema construtivo é de difícil execução? Seguindo os procedimentos adequados e básicos, é possível a autoconstrução realizada por um pessoa sem experiência e/ou técnica?</b>
Acho tranquilo a execução e com os vídeos no youtube já pode ter uma boa base, mas a experiência em voluntariados é muito importante para conhecer as melhores alternativas para sua realidade.
<b>24- Qual foi o tempo total da obra?</b>
Menos de 2 meses. Com 3 pessoas, em menos de um mês você já consegue fazer a estrutura principal, da trama e o telhado, depois disso já pode marcar um mutirão para fazer o barreamento e já pode ir morando na casa. Para o reboco, dependendo da temperatura e clima da região, no outro dia da primeira camada já pode fazer - não precisa esperar um mês como já citado em alguns textos -.
<b>25- Muitas pessoas relatam o agravamento de problemas respiratórios com a umidade em antigas moradias de terra, qual sua experiência em relação a isso?</b>

Desde antes de me mudar para o interior, tinha o diagnóstico de adenóide, rinite, sinusite, mas que hoje em dia essas questões não afetam e o problema relatado pode ser por conta da falta de pintura e selamento adequado da construção.

**26- Gostaria de enfatizar alguma dica ou atividade que é indispensável quando se trata de bioconstrução/taipa de mão? Algum comentário final?**

Usar os materiais da região, conhecer o local, experimentar e testar. É uma técnica muito positiva, mas é necessário prever os esforços, pode se encaixar tanto no ambiente rural quanto no ambiente urbano - na cidade se torna até mais durável por menos umidade -, contanto que tenha barro disponível para construção.

Gratidão a todos e a força do coletivo constrói qualquer coisa.

## **APÊNDICE B - Proposta Arquitetônica em taipa de mão**











