

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS
CURSO DE ARQUITETURA E URBANISMO
TRABALHO FINAL DE GRADUAÇÃO

ANA PAULA LOPES RODRIGUES

HABITAÇÃO UNIFAMILIAR SUSTENTÁVEL

- A construção com terra como alternativa -

São Luís
- 2011 -

ANA PAULA LOPES RODRIGUES

HABITAÇÃO UNIFAMILIAR SUSTENTÁVEL

- A construção com terra como alternativa -

Trabalho Final de Graduação apresentado ao curso de
Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual do
Maranhão para a obtenção do título de Bacharel em
Arquitetura e Urbanismo.

Professor Orientador: Geraldo de Magela

São Luís
- 2011 -

Rodrigues, Ana Paula Lopes.

Habitação unifamiliar sustentável/ Ana Paula Lopes Rodrigues____
São Luís, 2011.

63 f.

Monografia (Graduação) - Curso de Arquitetura e Urbanismo,
Universidade Estadual do Maranhão, 2011.

Orientador: Prof. Geraldo Magela.

1. Sustentabilidade. 2. Projetos ecológicos. 3. Construção com
terra. 4. Habitação unifamiliar. I. Título.

ANA PAULA LOPES RODRIGUES

HABITAÇÃO UNIFAMILIAR SUSTENTÁVEL

- A construção com terra como alternativa -

Trabalho Final de Graduação apresentado ao curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual do Maranhão para a obtenção do título de Bacharel em Arquitetura e Urbanismo.

Orientador: Geraldo de Magela

Aprovado em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Orientador – Geraldo de Magela

Avaliador (a)

Convidado (a)

Dedico este trabalho aos meus pais, por todo o amor e dedicação para comigo, por terem sido a peça fundamental para que eu me tornasse a pessoa que sou hoje e alcançasse esse importante objetivo.

À minha família pelo carinho e apoio proporcionados em todos os momentos que precisei.

AGRADECIMENTOS

Ao meu pai, Reinaldo, por todo amor e dedicação que sempre teve comigo. Homem pelo qual tenho maior orgulho de chamar de pai, pessoa que sigo como exemplo, pai dedicado, amigo, batalhador, e que abriu mão de muitas coisas para me proporcionar o melhor e alcançar momentos de realização como este. Meus eternos agradecimentos.

À minha mãe querida, Fátima, a quem devo todo o meu amor e carinho, pelos cuidados e total dedicação prestados em todos os momentos da minha vida, por sempre estar presente e disposta a nos ajudar dando um jeitinho para tudo. Meu grande exemplo de mãe, sem a qual tudo se tornaria mais difícil. Obrigada, mãe!

Agradeço também aos meus amados irmãos, Suzana, Suellen, Paulo Victor e Carol, com os quais pude contar sempre, pelo amor, carinho, apoio, pelas sempre divertidas conversas de madrugada, pela cumplicidade e união, que são indispensáveis na minha vida. Pessoas com as quais quero, junto com nossos pais, continuar dividindo as alegrias de momentos como este pelo resto da vida.

Aos meus sobrinhos queridos, Arthur e João, por sempre conseguirem colocar um sorriso no rosto da tia coruja, mesmo nos momentos mais difíceis da elaboração desse trabalho.

Aos meus amigos da FAU, pelas alegrias, tristezas e dificuldades compartilhadas nesses anos de vida acadêmica, em especial, à Maíra, Clara, Juliana e Renata, pela amizade verdadeira, pelos momentos de apoio e também de diversão e alegria que permitiram tornar essa trajetória mais prazerosa. Queridas amigas, cuja amizade quero preservar por toda vida.

A todos os demais amigos e familiares que compartilharam da minha caminhada e àqueles que mesmo distantes torceram por mim.

A Deus por ter me dado forças e iluminado meu caminho para que pudesse concluir mais uma etapa da minha vida, e por me dá a fé necessária pra sempre acreditar que conseguirei alcançar os meus objetivos.

“A vida pode mudar a arquitetura. No dia em que o mundo for mais justo, ela será mais simples.”
Oscar Niemeyer

RESUMO

O trabalho apresenta um estudo sobre a busca da sustentabilidade no ramo da arquitetura e mostra os critérios a serem levados em consideração na criação de projetos ecológicos. Aborda também o planejamento necessário para que o projeto alcance a eficiência exigida em edificações ecológicas e mostra alguns materiais e técnicas sustentáveis que podem ser utilizadas hoje na construção civil. Dando destaque para a viabilidade de técnicas de construção com terra, visando, desta maneira, incentivar o uso desses métodos tradicionais e desvinculá-los da ideia de construção “pobre” ou de baixa qualidade. Como resultado, apresenta-se um anteprojeto de habitação unifamiliar de alto padrão em taipa de pilão, onde foram aplicados os conceitos de sustentabilidade. A proposta é demonstrar que a partir de conceitos de arquitetura bioclimática e de sustentabilidade ambiental, aliados à construção com terra, e aplicados a projetos imobiliários, pode-se contribuir para a redução do grau de degradação do meio ambiente.

Palavras-chave: sustentabilidade; projetos ecológicos; construção com terra; habitação unifamiliar.

ABSTRACT

The paper presents a study on the search for sustainability in the field of architecture and shows the criteria to be taken into account in creating green projects. It also outlines the necessary planning for the project to achieve the required efficiency in buildings and shows some green materials and sustainable techniques that can be used in construction today. Paying attention to the viability of earth construction techniques, aiming in this way encourage the use of traditional methods and unlink them from the idea of building a "poor" or low quality. As a result, it presents a draft of upscale single-family housing in rammed earth, where they applied the concepts of sustainability. The proposal is to demonstrate that from concepts of bioclimatic architecture and environmental sustainability, coupled with the construction land, and applied to real estate projects, can contribute to reducing the degree of environmental degradation.

Keyword: sustainability; green design; earth construction; single family dwelling.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	09
2. DEGRADAÇÃO E SUSTENTABILIDADE	11
2.1 Arquitetura sustentável	13
2.2 Princípios do projeto sustentável	14
3. PLANEJAMENTO DE UM PROJETO SUSTENTÁVEL.....	16
3.1 A escolha dos materiais	17
3.2 Eficiência Energética	19
3.3 Redução do consumo de água	19
3.4 Controle de geração de resíduos	21
3.5 Uso de recursos locais	21
4. CONSTRUÇÃO COM TERRA COMO ALTERNATIVA.....	23
4.1 O material terra	25
4.2 A técnica da taipa de Pilão.....	31
4.2.1 Mistura	31
4.2.2 Formas (taipais)	31
4.2.3 Ferramentas.....	35
4.2.4 Compactação	36
4.2.5 Execução de vãos	37
4.2.6 Processo de secagem	37
4.2.7 Cuidados e tratamento da superfície	38
5. O PROJETO.....	42
5.1 Terreno escolhido	42
5.2 Programa de necessidades	44
5.3 Estudo Preliminar	45
5.4 Materiais e métodos construtivos	48
5.5 Gestão de energia e água	56
5.6 Anteprojeto Arquitetônico	60
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	61

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. INTRODUÇÃO

Até a década de 1950, a natureza era considerada somente um pano de fundo em qualquer discussão que abordasse a atividade humana e suas relações com o meio ambiente. Acreditava-se que a natureza existia para ser compreendida, explorada e catalogada, desde que utilizada em benefício da humanidade.
(CNTL/SENAI (2007).

Em diversos países, percebemos que tem sido cada vez mais frequentes os debates sobre a forma de utilização dos recursos naturais que dispomos e da necessidade de revisão da forma como o homem se relaciona com a natureza. Mas essa preocupação não é recente, visto que já ocorreram diversas reuniões internacionais, em períodos distintos, com o propósito de repensar e discutir a melhor maneira de manter esta relação.

Dentro desse contexto da necessidade de reestruturação de valores, o conceito de desenvolvimento sustentável surgiu, em oposição ao de desenvolvimento econômico a qualquer custo, e se mostrou como uma grande solução para a degradação crescente do meio ambiente. Só que, na prática, mesmo tendo conhecimento de todos os benefícios que esse tipo de desenvolvimento promove, as atitudes tomadas pelos países ainda são insuficientes, visto que a degradação do planeta se mostra cada vez maior, e aspectos que eram preocupações de um futuro distante tornaram-se problemas do dia-a-dia.

Entre os diversos causadores dessa degradação, encontra-se a indústria da construção civil que, de maneira devastadora, vem degradando anualmente boa parte dos recursos naturais disponíveis no planeta.

Visando diminuir os prejuízos causados, estudiosos da área passaram a buscar soluções ecológicas em seus projetos e criaram, dessa forma, o que hoje se conhece por Bioarquitetura ou Arquitetura Sustentável. Mostrando as inúmeras possibilidades de unir tecnologia com a natureza e com o ecologicamente correto, esse ramo da arquitetura se mostra cada vez mais necessário, mas ainda é o foco principal de uma quantidade muito reduzida de empresas.

Na cidade de São Luís, por exemplo, não se encontram muitos exemplos de arquitetura sustentável, muito do que se vê, são empreendimentos de grandes construtoras que possuem o rótulo de sustentável, mas que ainda deixam muito a desejar nesse aspecto ecológico.

A quantidade de técnicas construtivas ecologicamente corretas disponíveis é bem ampla, e se fossem melhor exploradas por essas construtoras, seriam de grande importância para amenizar os danos causados pelo setor.

A construção com terra, por exemplo, é um procedimento eficaz e muito conhecido no Brasil desde o início da sua colonização. No entanto, a já habitual utilização de materiais como tijolo cerâmico, cimento e concreto faz com que as pessoas criem resistência ao emprego desse tipo de técnica. Diante desse fato, cabe aos profissionais da área mostrar cada vez mais, através de seus projetos, que essas alternativas são tão eficientes quanto às habitualmente utilizadas e fazer com que elas se tornem uma opção.

Assim, ao tomar conhecimento das inúmeras possibilidades de utilização de materiais e técnicas sustentáveis na construção civil, da necessidade de um maior incentivo à elaboração de projetos que utilizem de forma mais completa e eficaz tais benefícios e da carência de projetos dessa natureza na cidade de São Luís, decidiu-se por direcionar os estudos deste Trabalho Final de Graduação para a elaboração do anteprojeto de uma habitação unifamiliar nesta cidade, que envolverá, entre outros aspectos, o emprego da técnica da taipa de pilão, visando sugerir novas possibilidades para a ocupação do solo urbano com grandes benefícios ambientais e econômicos.

Para tanto, foram realizadas pesquisas sobre o planejamento e os critérios de projeto a serem levados em consideração na concepção de edificações ecologicamente corretas e sobre a aplicação da técnica da Taipa de pilão e outros materiais sustentáveis, as quais estão dispostas ao longo do trabalho.

2. DEGRADAÇÃO E SUSTENTABILIDADE

A partir do momento em que o homem passou a conviver em comunidades, ele modificou de alguma maneira a natureza como forma de garantir a própria sobrevivência. A agricultura, a construção de cidades e tantas outras ações alteraram profundamente o meio, transformando muitas características, como vegetação, permeabilidade do solo, ar atmosférico, águas pluviais, fluviais e subterrâneas.

Essa modificação do espaço preexistente, para o desenvolvimento das comunidades, das grandes cidades e metrópoles, causaram e continuam causando mutações climáticas devastadoras. O desejo de crescimento rápido, de desenvolvimento econômico, de novas tecnologias e de gerar riquezas a qualquer custo, foi o que motivou o homem, por muito tempo, a explorar ao máximo os recursos naturais que dispunham, tomando como base o pensamento de que não era possível progredir e preservar ao mesmo tempo.

Seguindo esta conduta e considerando os atuais modelos de desenvolvimento, as pessoas chegaram a um nível de consumo exagerado. Aliando-se ainda à atividade industrial, e tendo como consequência a geração de resíduos que ultrapassam a capacidade de adaptação ao meio ambiente.

A degradação ambiental tornou-se tão evidente que a preocupação com o planeta foi de cunho mundial, exigindo dos governos, da sociedade científica e da sociedade civil, tomada de posição e o desenvolvimento de ações que viessem contribuir para minimizar os problemas e garantir a manutenção dos ecossistemas.

Essa preocupação aos poucos foi ganhando destaque, e a partir da década de 80, foram surgindo novas ideias e um novo termo foi mencionado pela primeira vez, o de Desenvolvimento Sustentável. Que foi consagrado em 1987 pela Comissão Mundial sobre o Meio – CMMA, conhecida como Comissão Brundtland, que produziu um relatório considerado básico para a definição desta noção e dos princípios que lhe dão fundamento. De acordo com o Relatório Brundtland:

O desenvolvimento sustentável é um processo de transformação no qual a exploração dos recursos, a direção dos investimentos, a orientação do desenvolvimento tecnológico e a mudança institucional se harmonizam e reforça o potencial presente e futuro, a fim de atender às necessidades e aspirações futuras.

(Relatório Brundtland, 1987).

O Relatório obteve rápida e ampla repercussão internacional. Os princípios do desenvolvimento sustentável estão na base da Agenda 21, documento aprovado por mais de 180 países durante a realização da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, realizada no Rio de Janeiro em 1992. As ideias ali contidas foram assimiladas pelas organizações do sistema das Nações Unidas e diversas organizações internacionais - e desde então, têm sido progressivamente incorporadas às agendas de muitos países.

Tratou-se de uma nova visão sobre um velho desafio: o desenvolvimento. Nesta nova ótica, a noção de desenvolvimento, por muito tempo identificado ao progresso econômico, extrapola o domínio da economia através da sua integração com as dimensões social, ambiental e institucional, apoiando-se em novos conceitos.

A partir da comprovação da necessidade de adoção desse tipo de desenvolvimento, diversas leis e normas tiveram que ser elaboradas com o intuito de assegurar essa integração. Dessa maneira, vários setores da economia se viram na obrigação de repensar os seus modos de produção e se adaptar às novas exigências.

Mas mesmo com toda essa preocupação, muitos setores da economia mundial ainda agem insensatamente e prejudicam de diversas maneiras o meio ambiente. Segundo o guia “Produção Mais Limpa em Edificações”, do CNTL/SENAI (2007):

Um dos setores mais importantes da economia mundial, o da construção civil, é um grande acelerador desse processo, pois são os edifícios os responsáveis por significativa parte do consumo de energia mundial, da água potável e da madeira das florestas. Essa indústria é responsável pelo consumo de algo entre 20% e 50% do total dos recursos do planeta e é sem dúvida a maior fonte de resíduos de toda a sociedade.

No Brasil, os edifícios consomem 44% da energia do país, sendo que o setor residencial consome 50% deste todo.

CNTL/SENAI (2007).

Estes são dados alarmantes, visto que a construção civil se trata de um setor de grande abrangência e importância na esfera global, e dada essa importância, não poderia ela ser um dos setores com maiores índices de degradação. Há necessidade da construção de edifícios e cidades que respeitem mais o meio ambiente e que trabalhem a sustentabilidade em todas as etapas de sua criação: planejamento, projeto, construção e uso.

É neste ponto que a educação entra com a sua contribuição, com o papel de sensibilizar as diferentes gerações sobre a realidade, estimular nelas a criação de soluções e possibilitar mudanças de atitudes, hábitos e valores.

Novas atitudes que tenham como principal objetivo propor soluções e técnicas inteligentes em prol de uma maior preservação ambiental e, novos hábitos para que se façam valer plenamente todas as alternativas sustentáveis propostas.

É dessa necessidade que a Arquitetura como ciência, técnica e arte que visa o conforto do ambiente construído surge, e também assume a postura de contribuinte para o desenvolvimento sustentável.

2.1 Arquitetura Sustentável:

Arquitetura sustentável, também chamada de arquitetura verde ou arquitetura ecológica ou bioarquitetura, consiste em uma postura no exercício profissional da arquitetura que valoriza as percepções do homem quanto ao meio ambiente, considerando, também, a nova tendência social à sustentabilidade.

Ela produz o espaço através da execução de tecnologias inteligentes, aproveitando os recursos renováveis disponíveis de forma sustentável. Compreende o edifício como parte do habitat vivo, estreitamente ligado ao sítio, à sociedade, ao clima, a região e ao planeta. Se empenha em difundir modos de construir que causem menor impacto ambiental e maiores ganhos sociais, sem contudo, ser inviável economicamente.

Mas esse ramo da arquitetura, ao mesmo tempo em que ganha destaque dentro do setor, ainda sofre grande resistência por parte dos usuários, que adaptados ao consumo exagerado de produtos industrializados, ainda resistem à utilização dos materiais alternativos que tornariam suas construções menos prejudiciais ao meio ambiente.

A grande utilização de materiais industrializados, que consomem materiais não renováveis, acaba com a oferta de recursos, tornando o processo insustentável. A sustentabilidade dentro da construção civil, precisa adequar-se às cinco categorias da sustentabilidade: econômica, ecológica, territorial, cultural e social.

(SACHS apud COELHO, 2007).

Essa grande utilização, explicada pela sociedade industrial, que há tempos dissemina o consumismo irracional de seus produtos, pode ser diminuída ao passo que as empresas ou profissionais da área mostrarem, cada vez mais, através de seus projetos, as inúmeras vantagens que a arquitetura sustentável possui sobre a arquitetura convencional. Benefícios que vão desde a diminuição dos impactos ao meio ambiente, até aqueles sentidos diretamente pelos usuários, seja na questão financeira ou mesmo de conforto ambiental.

Já existem escritórios de arquitetura que trabalham exclusivamente com esses tipos de projeto, mas o número ainda é muito reduzido. É necessário um maior e real engajamento das empresas para desenvolver e difundir o uso dessas técnicas sustentáveis. Não seguindo o exemplo de algumas que utilizam desse conceito apenas como uma forma de promover os seus empreendimentos.

Dessa forma, os profissionais que pretendem desenvolver projetos ecologicamente corretos, devem ficar cientes de todos os princípios que norteiam esse tipo de prática, e de todos os critérios que devem ser analisados para que a construção, de fato, seja considerada sustentável.

2.2 Princípios de um projeto sustentável.

É cada vez mais comum a utilização de termos como “ecologicamente correto”, “prédio verde”, “ecocasa”, na divulgação de empreendimentos imobiliários. Mas nem toda construção pode ser rotulada como “verde” se não obedecer a vários critérios e se não tiver certificação para este fim.

Levando isso em consideração, segundo o Instituto para o Desenvolvimento da Habitação Ecológica (IDHEA), e o United Nations Centre for Human Settlements/ Habitat (UNCHS), o projeto sustentável terá que obedecer a princípios como:

- Avaliação do impacto sobre o meio em toda e qualquer decisão buscando evitar danos ao meio ambiente, considerando o ar, a água, o solo, a flora, a fauna e o ecossistema.
- Implantação e análise do entorno: é preciso sempre olhar o meio ambiente como um fator limitante, interferindo o mínimo possível e fazendo a natureza trabalhar a favor da arquitetura. As características do lugar onde a construção será erguida devem ser consideradas, tais como disponibilidade de água no subsolo, regimes de chuva e ventilação, orientação solar e vegetação.
- Uso de ecoprodutos: utilização de materiais de construção e acabamentos não poluentes, desde a extração da matéria prima, transporte, uso ao longo de sua vida útil, e no seu possível descarte. Dando preferencia, se possível, para os produtos de maior abundancia na região.

- Gestão dos resíduos gerados, tanto no momento da construção, através da correta destinação das sobras, quanto em um possível reaproveitamento dos materiais em caso de demolição do edifício.
- Valorização da inteligência nas edificações para otimizar o uso: valer-se dos benefícios que as técnicas, tanto as tradicionais quanto as altamente modernas, podem proporcionar aos projetos, gerando ambientes eficientes em diversos aspectos.
- Promoção da eficiência energética com ênfase em fontes alternativas.
- Gestão e economia da água através de soluções que evitem o desperdício, como o reaproveitamento da água ou captação e armazenamento de água das chuvas.
- Promoção da qualidade ambiental interna aproveitando ao máximo a ventilação e iluminação natural.

Estes princípios são considerados básicos para a criação do projeto ecologicamente correto, portanto, essenciais para a sua eficácia. Mas essa eficiência não depende apenas do projeto. Uma obra sustentável exige também cuidados e mudanças de atitudes por parte dos construtores, instaladores, operários e por parte dos usuários, pois se trata de uma nova forma de projetar e executar, com uma maior preocupação ambiental. Por isso, há necessidade de um planejamento, que possa servir de guia em todas as etapas e resultar em um projeto funcional.

3. PLANEJAMENTO DE UM PROJETO SUSTENTÁVEL

Planejamento é a determinação da direção a ser seguida para se alcançar um resultado desejado. É a determinação consciente de cursos de ação, isto é, dos rumos, com base em objetivos, em fatos e na estimativa do que ocorreria em cada alternativa disponível.
(LACOMBE, 2003).

Nesse sentido, é fácil avistar o planejamento como elemento integrante e imprescindível para qualquer ação que promova o bem estar das gerações presentes e futuras. Sendo assim, ele pode ser considerado a diretriz que conduz uma construção para o caminho da sustentabilidade, pois sua elaboração se torna essencial para a obtenção dos resultados desejados.

Por isso, o planejamento deve acontecer de modo organizado e funcional, delimitando-se os objetivos, prevendo problemas e soluções, estando presente em todo seu processo e progresso, desde a definição social da edificação, passando pela fase projetual, pela execução da obra até sua pós-ocupação.

Atualmente, a falta de planejamento é uma das questões mais delicadas da construção civil. No Brasil, as autoconstruções, ou seja, construções que não tem acompanhamento de um profissional da área, são bastante comuns. Tal prática contribui para o aumento desordenado e irregular da cidade e ainda agrava os impactos ambientais ocasionados pela edificação. E mesmo nos casos em que há planejamento, este se limita somente à execução da obra, ocasionando, posteriormente, ônus ambiental e econômico para o construtor.

É no planejamento que se define quais recursos naturais serão aproveitados, como será feita a redução do consumo de água e energia, que estratégias serão adotadas para minimizar a produção de resíduos durante a execução da obra e pelos usuários durante a ocupação, como reduzir os custos totais da obra, que tipo de materiais serão usados, e várias outras questões pertinentes, podendo ainda prever meios de captar e/ou capacitar uma mão-de-obra especializada local, garantindo a inserção da edificação, durante todo seu ciclo de vida, nas dimensões social, econômica e ambiental de sustentação da vida de seus usuários.

Alguns desses temas serão abordadas nos tópicos seguintes, afim de acrescentar seus conceitos à concepção projetual de uma construção sustentável, conforme será feito no atual trabalho.

3.1 A escolha dos materiais

O setor da construção civil consome matéria prima em abundância, além de gerar uma grande quantidade de resíduos, interferindo diretamente no ambiente.

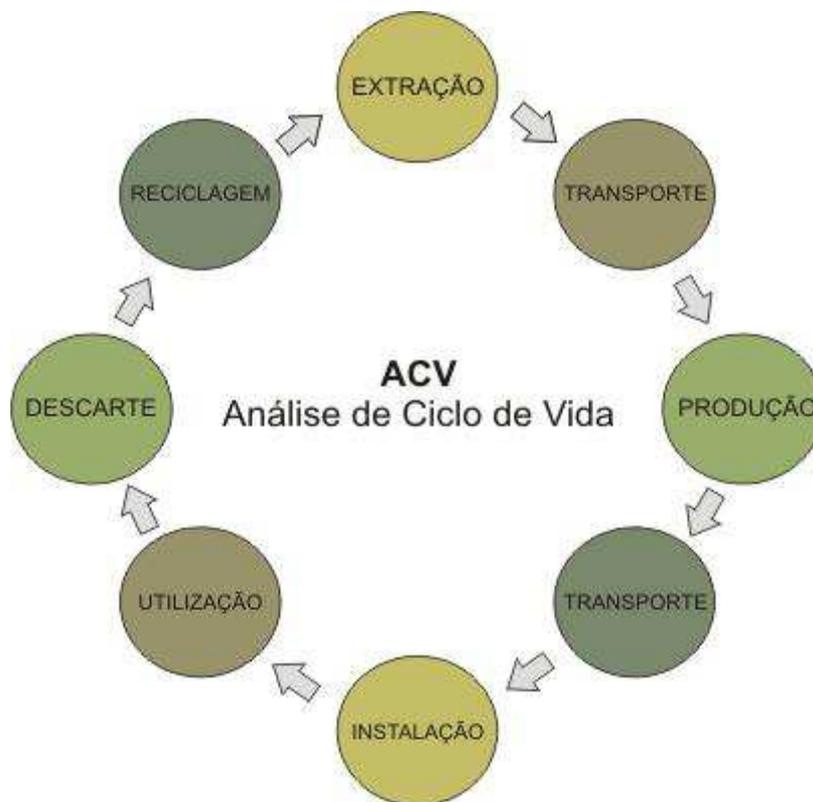
Para minimizar, ou até reverter essa situação, é necessário o desenvolvimento de projetos e de novas tecnologias que proporcionem a redução da geração de resíduos e o uso racional de recursos naturais, e uma das ações que ajudam nesse ponto é a escolha de materiais ambientalmente corretos.

De acordo com Lengen(2004), antes de escolher os materiais para construir casas ou edifícios deve-se pensar em:

- Como é a sua manutenção. Se será necessário gastar muito dinheiro para manter suas condições ao longo do tempo;
- Como o material responde ao frio e ao calor, isto é, se o material ajuda a manter a sua casa confortável.
- Se há materiais em abundância na região, para não depender de outras pessoas ou de condições de fabricação ou transporte. Isto referindo-se aos materiais básicos da obra;
- Se na região há possibilidade de converter matérias-primas em materiais de construção, como por exemplo o barro para a fabricação de tijolos;
- Se existe na comunidade suficiente mão-de-obra para trabalhar o material escolhido;
- Qual é o tempo de duração dos materiais e se são adequados para o clima da região. Alguns materiais desgastam-se muito rápido e duram mais em alguns climas do que em outros.
- Como combinar os materiais;

Dessa maneira, seguindo esses pontos, nota-se que para se adequarem aos padrões sustentáveis, fornecedores de materiais e seus produtos devem ser avaliados a partir dos seguintes aspectos: funcionalidade; desempenho; durabilidade; estética; custos; prazos de entrega/execução; manutenção e reposição de materiais; domínio da tecnologia; e sustentabilidade. Sendo que este último (caráter sustentável) só pode ser afirmado mediante a Análise do Ciclo de Vida (ACV) do material, ou seja, a avaliação dos impactos ambientais associados a todas as atividades necessárias para que um produto cumpra a sua função.

Fig. 01 – Esquema de Análise do Ciclo de vida dos materiais.



Fonte: karlacunha.com.br/arquitetura-sustentavel.

Já existem no mercado algumas variedades de materiais da construção civil que atendem alguns ou todos os critérios de sustentabilidade e que são chamados de ecoprodutos, porém sua fabricação ainda é muito tímida, e seu emprego bastante restrito devido ao alto preço dos produtos em contrapartida ao seu baixo custo, já que a maioria utiliza materiais naturais ou recicláveis no seu processo de fabricação, além da dificuldade de acesso e pouca disponibilidade desse tipo de material, que ainda não foi incorporado de modo definitivo pelas grandes empresas construtoras e revendedoras de materiais de construção.

Dessa forma, é possível perceber a necessidade de especificar nos projetos materiais ecológicos como forma de incentivar a sua compra e, conseqüentemente, a sua fabricação e maior inserção no comércio de materiais construtivos. Podendo assim, fazer com que os custos diminuam e eles se tornem mais acessíveis.

3.2 Eficiência energética

O uso racional da energia elétrica foi um dos primeiros debates de ordem global relacionados à sustentabilidade. Os constantes “apagões” despertaram para a necessidade do seu racionamento, já que a demanda de energia elétrica tem sido gradativamente maior que sua geração.

A preocupação com a escassez dos recursos energéticos, principalmente com aqueles provenientes do petróleo, fomentou ações voltadas para a preservação das fontes naturais de energia, e estimulou o desenvolvimento de tecnologias que utilizem energias renováveis, que são aquelas que não dependem do consumo de um combustível, mas que estão disponíveis na natureza e que não tem uso finito. A solar e a eólica são exemplos desse tipo de energia e atendem perfeitamente as questões ambientais e sustentáveis impostas pelo cenário atual.

O consumo de energia está intimamente ligado às emissões de CO₂ na atmosfera, e a construção civil é responsável por metade dessas emissões, portanto, a racionalização da energia consumida pela edificação, desde o processo de fabricação dos materiais empregados na sua construção até aquela que será consumida pelo usuário durante sua ocupação, se tornou um item de suma importância na elaboração do projeto arquitetônico.

Durante todo o ciclo de vida de um edifício, grande parte da energia consumida e do gás carbônico emitido por ele, são para o uso de sistemas de aquecimento, resfriamento, ventilação e água quente. E isso se deve ao fato de os projetos arquitetônicos não levarem em consideração o uso passivo dos recursos naturais, como a iluminação e a ventilação natural.

Assim, projetos de arquitetura que apresentem soluções para lidar com as condições ambientais locais, envolvendo temperatura do ar, temperatura superficial, umidade, radiação solar, ventos, ruído e, ainda, qualidade do ar, aliadas a um bom aproveitamento da luz natural, contribuem para a realização de uma arquitetura de menor impacto ambiental, no que tange a questão da energia.

3.3 Redução do consumo de água

A partir de 1950 o consumo de água, em todo o planeta, triplicou. O consumo médio de água, por habitante, foi ampliado em cerca de 50%. Para cada 1000L de água utilizada pelo homem resultam 10 000L de água poluída.
(ONU, 1993).

E devido a esse acelerado crescimento populacional, o uso inadequado, excessivo e degradante do recurso, o problema da escassez da água precisa receber a devida importância em cada setor da sociedade civil, para que soluções sejam encontradas para o uso eficiente e sustentável dos recursos hídricos do planeta.

Como já foi mencionado, a construção civil é responsável por grande parte do consumo da água potável mundial, e por isso deve ser um agente ativo na manutenção e preservação de tal recurso. Segundo ROAF (2005), existem cinco tipos de medidas que precisam ser tomadas para a utilização da água com sabedoria:

- Economia da água: deve ser feita através da redução do uso da água pela eliminação de algumas de suas aplicabilidades, e do monitoramento do uso excessivo nas atividades em que sua aplicação é indispensável, como por exemplo manter as torneiras desligadas durante o intervalo dos enxagues, seja na lavagem de roupas, louças ou banhos, e corrigir gotejamentos e infiltrações;
- Eficiência da água: depende basicamente do projeto de instalações hidráulicas e do desempenho dos equipamentos que utilizam água, como bacias sanitárias e descargas que utilizam menos água com a mesma eficiência, arejadores e sensores de torneira.
- Suficiência de água: relaciona-se ao uso somente da quantidade de água necessária para realização de uma atividade por completo, evitando os excessos e desperdícios, com o uso de tecnologias como a descarga dupla, controle automático de torneiras e chuveiros, lavagem de carros com balde, ou mangueiras com pistola de acionamento ou bico dosador;
- Substituição da água: refere-se à utilização de soluções técnicas que não usam a água em processos que normalmente são feitos com ela. Por exemplo: vasos sanitários secos e lavagens a seco.
- Reaproveitamento da água: é a utilização de sistemas que possibilitam o reuso da água que normalmente seria jogada fora, mas que ainda pode ser utilizada para fins não potáveis, com o intuito de economizar água limpa, como a coleta e aproveitamento da água das chuvas, ou a utilização da água descartada pela máquina de lavar nas lavagens de carros, calçadas, etc.

Independente da maneira como é feita, o projeto e o planejamento da edificação são primeiramente responsáveis pela racionalização do uso do recurso da água, seguidos pela utilização de equipamentos eficientes e pela conscientização dos usuários a cerca da necessidade da economia de água nas suas atividades. É importante frisar que a

construção deve ser sustentável durante todo seu ciclo de vida, logo, tal economia deve ser adotada, também, durante a execução da obra através da utilização de cisternas para o recolhimento da água da chuva e de poços artesanais para o armazenamento da água.

3.4 Controle de geração de resíduos

A Legislação Brasileira, assim como a dos demais países, está se tornando cada dia mais rigorosa no que diz respeito à questão ambiental. Mais cedo ou mais tarde, todos deverão estar adequados à Legislação. Então, deve-se ver nisso uma boa oportunidade de tornar os processos produtivos mais eficazes. Ter um processo produtivo eficaz significa transformar, de fato, todas as matérias-primas compradas em produto, ou seja, na obra que se deseja construir. Onde não se pode esquecer que as matérias-primas são compradas para transformarem-se em produto e nunca em resíduo.

Existem algumas metodologias de trabalho que buscam a produtividade, a organização, a eficiência, dentro das atividades produtivas. Uma delas chama-se Produção mais Limpa (PmaisL). As técnicas de Produção mais Limpa podem ser aplicadas em diferentes atividades ou setores produtivos, obtendo sempre bons resultados tanto econômicos quanto ambientais. Ela visa o máximo de precauções para não gerar resíduos dentro da obra. Um resíduo não gerado não necessita ser segregado, transportado, armazenado e nem disposto. Portanto, fica claro que se eliminam esses custos quando eles não são produzidos.

Devido a enorme quantidade de resíduos da construção gerados todos os anos, torna-se crescente a quantidade de empresas que já veem os resíduos sólidos como solução, seja através de reciclagem, reuso ou beneficiamento. Plásticos, vidros, papel e até mesmo cimento reciclado são exemplos desses produtos reaproveitados.

Logo, a gestão dos resíduos está fundamentada no conceito dos 3R's: Reduzir, Reutilizar e Reciclar, e quando se refere à construção civil a gama de possibilidades é altíssima e depende principalmente de sua inserção no processo de planejamento, pois além de contribuir para a redução dos custos finais da obra, é fundamental para a diminuição do impacto ambiental causado pela edificação no sítio e na cidade em que está inserida, enquadrando-se em um dos aspectos principais da construção sustentável.

3.5 Uso de recursos locais

A arquitetura sustentável está intimamente ligada ao local e deve se adequar às suas características e especificidades, sempre em busca da harmonia e do equilíbrio na relação homem x meio ambiente. A adequação da edificação às condições climáticas locais

pode propiciar ao homem o conforto térmico desejado somente com o aproveitamento dos recursos naturais como vento, luz, calor e água. Para tal, a adoção de recursos de formas, materiais, vegetação, orientação, localização das edificações e demais alternativas, durante a elaboração do projeto arquitetônico poderá, além de propiciar conforto ao usuário, diminuir ou eliminar o uso de métodos de iluminação e climatização artificial, reduzindo os gastos com energia, e os impactos ambientais causados geralmente, por equipamentos com tal fim, muito comuns no mercado.

Para obter o grau de conforto desejado é preciso conhecer as variáveis climáticas da região, tais como velocidade e orientação da ventilação predominante; umidade relativa do ar; temperaturas máximas e mínimas para cada época do ano; movimento, inclinação, grau de insolação e radiação solar para cada hora do dia; precipitação, evaporação e índices pluviométricos, etc.; afim de criar soluções que aproveitem os ventos com velocidade e temperatura desejados, a iluminação solar nos horários e ambientes necessários e que propiciem calor ou resfriem a edificação nos períodos adequados.

Tudo isso só é possível através da utilização de estratégias de aproveitamento passivo de tais recursos, como o uso de brises, janelas com venezianas, blocos vazados, pérgolas, coberturas do tipo chaminé, jardins de inverno, poços de iluminação e ventilação, vegetação, beirais, materiais com maior ou menor condutibilidade térmica, entre outras, a fim de criar uma interação harmônica entre os elementos arquitetônicos equilibrando o ambiente externo e interno em prol do conforto do usuário.

A exploração de recursos locais através da utilização da terra do próprio local como matéria-prima para a construção é, inegavelmente, uma opção que se encaixa perfeitamente no conceito de sustentabilidade e pode ser uma alternativa para substituir os materiais industrializados habitualmente utilizados nas construções.

Dessa maneira, considerando que essa técnica está diretamente ligada à Arquitetura sustentável e, portanto, respeita o meio ambiente, o espaço comum, o clima, e todos os recursos naturais existentes, decidiu-se por utilizá-la no desenvolvimento do projeto da habitação unifamiliar sustentável. Assim, o capítulo 4 será todo destinado para o melhor esclarecimento dessa prática, que já foi e ainda é muito utilizada em diversos países.

4. CONSTRUÇÕES COM TERRA COMO ALTERNATIVA

A terra como matéria-prima na elevação de alvenarias, de abobadas e de outros elementos construtivos tem sido empregada desde o período pré-histórico. Na Turquia, na Assíria e em outros lugares no Oriente Médio foram encontradas construções com terra apiloada ou moldada, datando de entre 9000 e 5000 a.C. No Egito antigo os adobes de terra crua, assentados com finas camadas de areia, eram utilizados na edificação de fortificações e residências, e uma espécie de argamassa feita de argila e areia era material de preenchimento de lajes de cobertura estruturadas com troncos roliços. As muralhas da China também foram edificadas com argila apiloada entre alvenarias duplas de pedra. (Minke, 2005).

Assim como a fala e a escrita, as construções com terra surgiram de uma necessidade básica do homem, que tirou proveito de um material abundante para a construção de seu abrigo. É difícil dizer ao certo em qual local e especificamente em qual data elas surgiram para a humanidade, mas como se pode notar, praticamente todas as antigas civilizações trabalharam inicialmente suas edificações com a terra. Utilizando as mais variadas técnicas, adaptadas aos seus climas, elas ergueram desde simples habitações até grandes monumentos. Muitos dos quais resistem até os dias de hoje e são grandes símbolos de suas culturas.

No continente americano, o uso da terra como material de construção também aconteceu desde épocas remotas, com técnicas diversas. As ruínas comprovam que a construção com terra era praticada em grande escala nesta parte do mundo, especialmente no Peru, México e no sudoeste dos Estados Unidos, regiões mais favorecidas por suas características de clima quente e seco.

No Brasil, a construção com terra é parte de nossa cultura e história colonial. Quando os portugueses aqui chegaram, encontraram tribos que ainda desconheciam a construção com barro. Eles trouxeram além das noções cartesianas, técnicas como o pau-a-pique e a taipa de pilão, que juntamente com outras técnicas nativas e as trazidas pelos africanos, resultaram em diferentes combinações, organizadas e adaptadas a formas mais adequadas de construir em terras brasileiras. Esses procedimentos foram muito utilizados na história da arquitetura colonial nacional e ainda são praticados em muitas regiões do país.

Atualmente, observa-se que a construção com terra, mesmo ainda sendo uma técnica de uso corrente em muitas partes do território brasileiro, utilizada desde os primórdios de nossa colonização e integrada à nossa cultura, principalmente à do caboclo da zona rural, encontra-se em desuso, pois ela é associada a construções pobres e transitórias.

Para Alvarenga (1995), a visão de solução provisória para construção de habitações em taipa, pois se constrói com esta técnica, na esperança de, em breve, se construir com alvenaria de tijolos, resulta em edificações sem as devidas recomendações técnicas, em que o aspecto visual e de higiene fica comprometido, dentre outros fatores, pela falta de reboco e pelo mau acabamento, estabelecendo-se por consequência, a ideia de que a casa de taipa está vinculada à pobreza e às habitações provisórias e insalubres.

Na verdade, o que ocorre, segundo Souza (1996), é que o antigo saber fazer tem sido substituído e adulterado e o que resta hoje é só um arremedo do que outrora se praticava. Já para Iglesias (1993), o maior desafio para o uso das construções em terra é puramente subjetivo: trata-se do preconceito generalizado que associa as obras de prestígio às técnicas e materiais modernos e considera a arquitetura de terra como precária e símbolo de baixo status social.

Em contraposição, vários exemplos de construção em taipa de mão, construídos em tempos remotos, persistem até nossos dias, desafiando às intempéries e ao próprio tempo, demonstrando o potencial de seu uso e sua durabilidade. Porém não só exemplos históricos comprovam a viabilidade desta técnica; diversas construções contemporâneas em taipa, localizadas em várias partes do mundo, em que foram respeitados procedimentos construtivos, atestam a versatilidade e o excelente desempenho desta técnica.

Segundo Minke (2005), a terra como matéria-prima na elevação de alvenarias, de abobadas e de outros elementos construtivos, tem sido empregada em quase todos os climas quente-seco e temperados do mundo. Ainda na atualidade, um terço da humanidade vive em habitações de terra, e em países em vias de desenvolvimento isto representa mais da metade. Ele afirma também, que não tem sido possível suprir a imensa demanda de habitações nos países em desenvolvimento com materiais industrializados como tijolo, concreto e aço, nem com técnicas de produção industrializadas e, que não existem no mundo as capacidades produtiva e financeira pra satisfazer essa demanda. A necessidade de habitações nesses países só se pode encarar utilizando materiais de construção locais e técnicas de autoconstrução.

Hoje, comprovada a eficácia dessas técnicas e a necessidade de utilização de materiais alternativos em substituição aos convencionalmente utilizados, vê-se necessário o resgate dessas práticas, não como solução, mas como uma alternativa a mais para a construção de habitações. Alternativa esta, que ajuda a amenizar a degradação do meio ambiente, pois em sua concepção não se gasta tanta energia nem recursos naturais. Haja visto

que, para um milheiro de tijolo cerâmico existir, é necessário a derrubada e queima de doze árvores de médio porte, o que também contribui para um ciclo vicioso de desordem ambiental que é o desmatamento e a poluição. Levando em consideração a condição do ecossistema, a construção com terra ameniza fatores dessa natureza.

São várias as técnicas existentes de construção com terra, tais como: taipa de pilão, adobe, super adobe, taipa leve, pau-a-pique, tijolo de solo-cimento, Cob, P.I.S.E, entre outras, que podem ser utilizadas de maneira tradicional ou até mesmo combinadas com outras técnicas mais modernas.

4.1 O material terra:

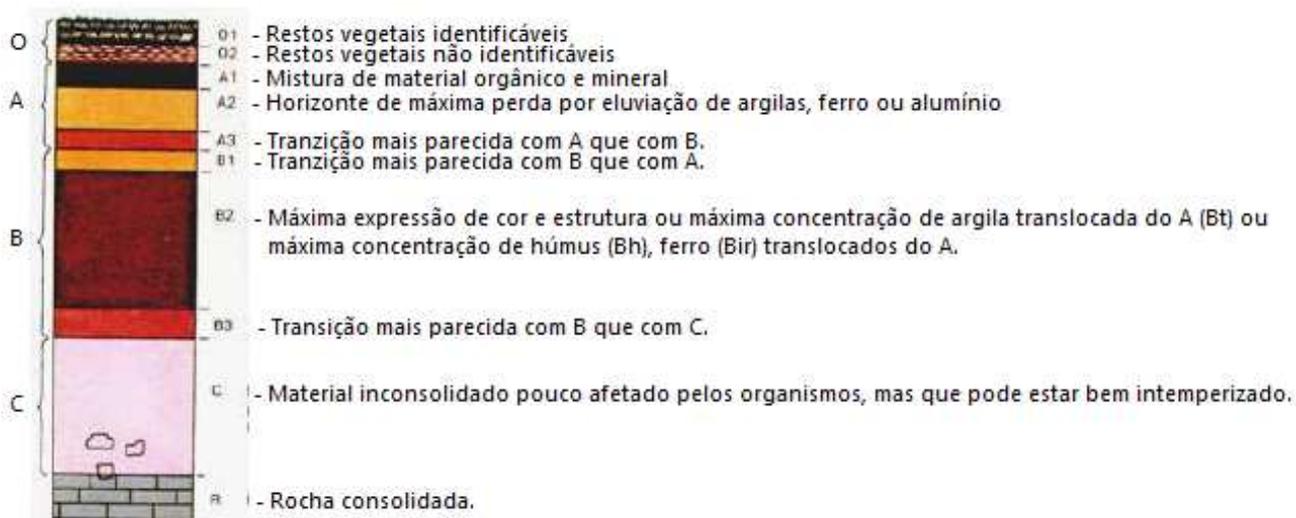
Para o desenvolvimento do projeto e para que se pudesse utilizar da melhor maneira o material terra, fez-se necessário conhecer as suas particularidades, suas vantagens e desvantagens, e sua performance como material de construção.

No âmbito da engenharia, solo é o termo genérico aplicado a todo material da crosta terrestre, proveniente da decomposição de rochas, constituído por elementos minerais e/ou orgânicos, que dependem da composição química e mineral da rocha de origem, das características do relevo, dos diferentes climas e do tempo de exposição às intempéries. A classificação dos solos, através de suas propriedades físicas, químicas e mineralógicas, é tratada de acordo com os fundamentos da Ciência dos Materiais.
(NEVES, 2009)

Segundo NEVES (2009), na Arquitetura e Construção com Terra – denominação dada a toda produção arquitetônica que emprega o solo como a principal matéria-prima – ele recebe denominações diversas tais como terra crua, terra sem cozer, terra para construir, porém, o usual e adotado neste trabalho, é o termo terra. O termo solo é usado principalmente quando envolve classificações e caracterizações, que também são adotadas em outros campos da Engenharia, assim como os termos solo-cimento, solo-cal e solo estabilizado, entre outros.

A mesma autora também explica, que os solos mais apropriados à construção geralmente estão localizados no subsolo, também chamado de horizonte B, livres de matéria orgânica (Fig. 02). Em zonas semi-áridas e áridas, é possível encontrar solos adequados na superfície, após eliminar pedras, raízes e todo material orgânico presente.

Fig. 02 – Esquema de um perfil de solo hipotético mostrando os principais horizontes e subhorizontes.



Fonte: FERNANDES.

É habitual que sejam priorizados o emprego da terra do próprio local onde se fará a construção e a utilização de somente um tipo de terra. Porém, algumas vezes, a terra resultante de uma mescla de dois ou mais tipos de solo produz melhores resultados. Em geral, a mescla de diferentes tipos de solo ocorre quando a terra do local é muito argilosa, ou muito arenosa, e quando a incorporação de menor quantidade de outro solo melhoram as propriedades que lhe fazem falta.

As propriedades mais importantes dos solos visando seu uso na construção, segundo NEVES (2009), são:

- Na seleção: composição granulométrica, plasticidade e retração;
- No controle da execução: umidade e grau de compactação.

Dessa forma, qualquer que seja a técnica escolhida, preliminarmente deve-se analisar todas essas características da terra à ser utilizada. Existem testes rápidos, que podem ser executados no canteiro de obras, que ajudam a estimar a presença de argila, silte e areia no solo, mas são testes preliminares baseados em conhecimentos empíricos, ou seja, sem grande precisão. Para que se obtenha um resultado mais preciso, amostras da terra deverão ser avaliadas por um arquiteto ou geólogo, que realizará uma série de testes em laboratório. Estes comprovarão a boa qualidade do material ou se será necessária a adição de outros componentes que o deixem apto para a construção.

Na execução, segundo NEVES (2009), a terra como material de construção é utilizada, basicamente, de dois modos: embebida em água, constituindo uma massa plástica, o barro; ou uma mistura úmida (quase seca), compactada ou prensada, denominada terra comprimida.

No primeiro caso, o produto resultante possui uma porosidade elevada, devido à evaporação da água adicionada na preparação do barro. Apresenta propriedades mecânicas e de impermeabilidade diferentes e menores que as do material obtido no segundo procedimento. Mas, muitas vezes, independente do estado em que é utilizada, as propriedades mecânicas e de permeabilidade da terra podem ser melhoradas significativamente pela adição de alguns produtos estabilizantes, que irão possibilitar uma maior durabilidade à construção.

A expressão estabilização de solos se refere, em seu sentido mais amplo, a todo processo através do qual o solo melhora suas características, adquirindo assim as propriedades necessárias à finalidade a que se destina. A estabilização de solos para adequá-los ao uso que se pretende não é um procedimento recente. Como se sabe, a adição de asfalto natural ou palha na produção de adobes, para diminuir a permeabilidade ou reduzir a retração, é uma prática milenar. O apiloado, por compactação ou prensado, a mistura com outros solos para melhorar suas características granulométricas e a adição de aglomerantes são tipos de estabilização de uso muito frequente no campo da engenharia.
(NEVES, 2009).

Além da correção granulométrica já citada, Bardou e Arzoumanian (1979) classificam a estabilização em quatro categorias, com as seguintes denominações e características:

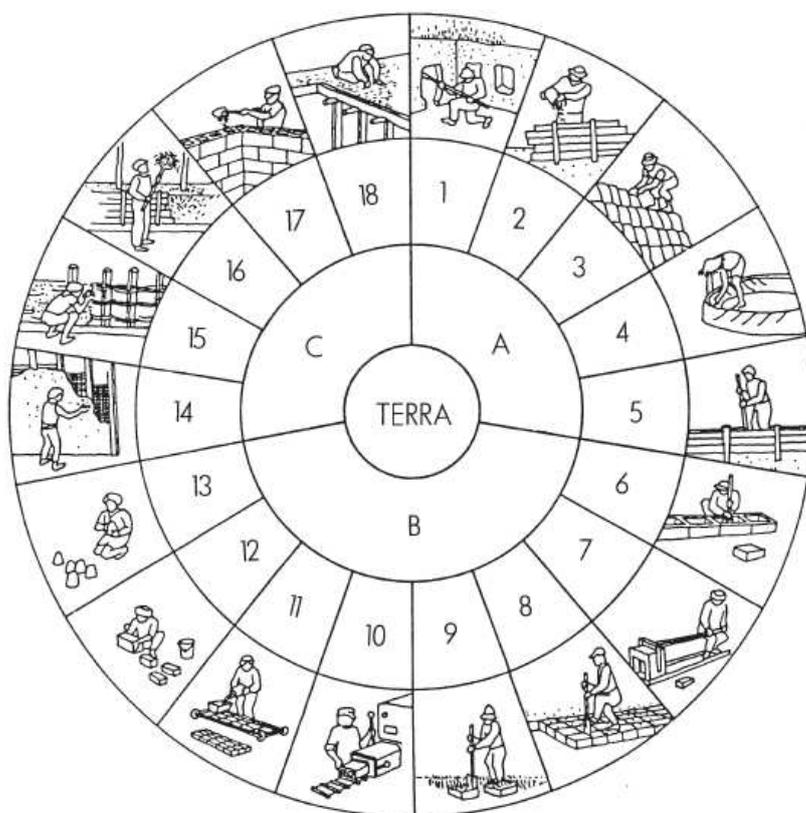
- Estabilização por cimentação: consiste em adicionar ao solo uma substância capaz de solidificar os grãos de areia e as partículas argilosas, de forma a obter um esqueleto interno que faça oposição à capacidade de absorção de água pela argila. Os estabilizantes mais conhecidos são: o cimento Portland; a cal, virgem ou hidratada; a mistura de cal e cimento; ou também uma mistura de cal com cinzas (de coque, de hulha, etc.).
- Estabilização por armação: consiste em agregar ao solo um material de coesão (grãos ou fibras), que permitam assegurar, por fricção com partículas de argila, uma maior firmeza ao material. Segundo os autores, a resistência final do material é diminuída, mas se ganha em estabilidade e durabilidade. Não há determinação específica para os materiais a serem empregados, pois depende da disponibilidade e das adaptações locais. Podem ser citadas, principalmente, as fibras vegetais.

- Estabilização por impermeabilização: consiste em envolver as partículas por uma camada impermeável, tornando-as estáveis e mais resistentes à ação da água. O material mais conhecido para este fim é o asfalto (ou betume), utilizado em emulsão que, apesar da grande superfície específica da argila, requer uma quantidade muito pequena para a obtenção de bons resultados. Um dos inconvenientes do uso deste material é a perda de plasticidade, apesar de ganho de coesão, o que requer a utilização de maior quantidade de água para amassamento e limita as técnicas construtivas a serem utilizadas. Também podem ser utilizadas outras substâncias, tais como o azeite de coco, seivas de algumas plantas oleaginosas, o látex e os resíduos da prensagem do azeite de oliva.
- Estabilização por tratamento químico: consiste em agregar ao solo substâncias capazes de formar compostos estáveis com os elementos da argila. Os produtos químicos variam de acordo com a composição química da própria argila. Portanto, nesse caso, é necessária uma análise química da mesma. A cal, além de agente cimentante, funciona como estabilizante químico, atuando com os minerais.

Como se pode perceber, a partir de uma matéria-prima inicialmente frágil como a terra é possível manufaturar materiais com resistências consideráveis e construir sistemas quase indestrutíveis utilizando apenas a terra de forma diversificada misturada com água, e com algum estabilizante, se necessário. Podem-se enumerar dezenas de maneiras de construir com terra, com uma infinidade de variantes adaptadas à qualidade da terra, identidade dos lugares, das culturas e das experiências construtivas locais. (FERNANDES, 2007).

Numa tentativa de sistematizar as inúmeras soluções de construção com terra, o CRATerre (Centre International de la Construcion en Terre) definiu um diagrama onde incluiu dezoito sistemas antigos e modernos, divididos em três grandes famílias (Figura 03). Este diagrama é uma síntese, das soluções possíveis de técnicas de construção, que utilizam a terra como matéria-prima. Mostra que as três grandes famílias de construção em terra compreendem o uso da terra sob a forma: monolítica e portante; alvenaria portante (aqui entendida como a construção com unidades inicialmente manufaturadas); e enchimento ou proteção duma estrutura de suporte.

Fig. 03 - Diagrama estabelecido pelo grupo CRATerre (Centre International de la Construction en Terre), das diferentes famílias de sistemas de construção antigos e modernos, que utilizam a terra como matéria-prima.



A UTILIZAÇÃO DA TERRA SOB A FORMA MONOLÍTICA E PORTANTE	B UTILIZAÇÃO DA TERRA SOB A FORMA DE ALVENARIA PORTANTE	C UTILIZAÇÃO DA TERRA COMO ENCHIMENTO DUMA ESTRUTURA DE SUPORTE
1 - TERRA ESCAVADA 2 - TERRA PLÁSTICA 3 - TERRA EMPILHADA 4 - TERRA MODELADA 5 - TERRA Prensada: TAIPA	6 - BLOCOS APILOADOS 7 - BLOCOS Prensados 8 - BLOCOS Cortados 9 - TORRÕES DE TERRA 10 - TERRA EXTRUDIDA 11 - ADOBE MECÂNICO 12 - ADOBE MANUAL 13 - ADOBE MOLDADO	14 - TERRA DE RECOBRIMENTO 15 - TERRA SOBRE ENGRADADO 16 - TERRA PALHA 17 - TERRA DE ENCHIMENTO 18 - TERRA DE COBERTURA

Fonte: FERNANDES.

As técnicas mencionadas resultam da utilização da terra, enquanto matéria-prima misturada com água em percentagens distintas. A água enquanto elemento aglutinador e responsável pela coesão da matéria-prima é responsável pelo estado físico em que a terra deverá ser aplicada e consequentemente, no sucesso final da construção. O cumprimento das três propriedades fundamentais da terra escolhida: textura, plasticidade, compressibilidade e

coesão em conjunto com a correta execução da técnica construtiva indicada em projeto são as regras fundamentais para que uma construção em terra seja estável e durável.

Diante de todo o estudo feito, e de todas as características levantadas, vale destacar também as vantagens e desvantagens da utilização do material terra para a construção.

As principais vantagens:

- Facilidade de obtenção;
- Baixo custo;
- Simplicidade de utilização, em geral não exige equipamentos sofisticados;
- As técnicas não requerem mão-de-obra qualificada, o que faz com que possa ser usado na autoconstrução;
- Sua fabricação consome menos energia que o cimento e outros materiais de construção modernos.
- Versatilidade de modos de utilização;
- Regula a umidade ambiental do local;
- Por ser climatologicamente apto, resulta em uma melhoria da qualidade de vida do usuário;
- Material de caráter ecológico, quando desfeita a construção, não deixa resíduos;
- Não causa ou causa pouco impacto ao meio ambiente;
- É um material renovável;

As principais desvantagens:

- Não é um material de construção padronizado;
- É permeável, exigindo muitos cuidados;
- Existe o problema de retração;
- Sua composição pode variar.

É fato que todo e qualquer tipo de construção deva ter suas vantagens e desvantagens, mas levando em consideração que a construção com terra crua tem por maior vantagem valorizar e preservar o bem mais precioso para o planeta, a natureza, convém valorizá-la e começar a construir de forma sustentável.

Dessa maneira, visando o incentivo ao uso dessas técnicas, a taipa de pilão, associada a outros materiais, foi o método construtivo escolhido para o desenvolvimento do projeto. O intuito é de utilizar tal técnica para a construção da habitação, incluindo-a assim num contexto harmonicamente natural e ecologicamente correto.

4.2 A técnica da Taipa de Pilão

A terra prensada é muito bem conhecida, há séculos, em todos os continentes do mundo como uma técnica tradicional de construção de paredes. Na verdade, na Assíria se encontraram fundações de terra prensada que datam de 5000 a.C. A técnica consiste em encher formas com camadas de terra, compactando cada uma delas com um pilão. (MINKE, 2005)

É a mais conhecida técnica do grupo das construções com terra monolíticas e portantes. Vulgarmente designada de taipa de pilão no Brasil ou simplesmente taipa no sul de Portugal. Nos países anglo saxônicos o termo usado é rammed earth, na Alemanha stampflembau, na França pisé e na Espanha tapial.

4.2.1 Mistura

Para essa técnica, a porcentagem ideal do solo é de 30% de argila e 70% de areia. A umidade adequada da terra deve ser obtida através de testes em laboratórios ou até mesmo, de forma empírica, apertando um punhado de terra e deixando-o cair de uma altura de 1m, devendo ele partir-se em alguns pedaços. A terra deve ser peneirada e se necessário deve-se estabilizá-la para garantir a resistência da parede. A mistura deve ser perfeitamente homogênea. (ABCTerra, 1997).

Uma boa mistura, também para paredes de taipa de pilão, é de cimento, cal e terra, na proporção de 1:1:8. Costuma-se usar também apenas barro misturado com grãos de areia e brita. Para que o barro tenha maior consistência a melhor resistência à chuva, ele pode ser misturado com sangue de boi e óleo de peixe. Pode-se também usar uma tela de galinheiro dividindo a parede ao meio e utilizar misturas diferentes para o lado interno e externo. Por exemplo, no lado de dentro pode acrescentar pó de madeira, semente de eucalipto, cascas de nozes, palha ou restos de milho. No lado externo, podemos acrescentar à terra asfalto, piche ou sumo de cactos. (Lengen, 2004).

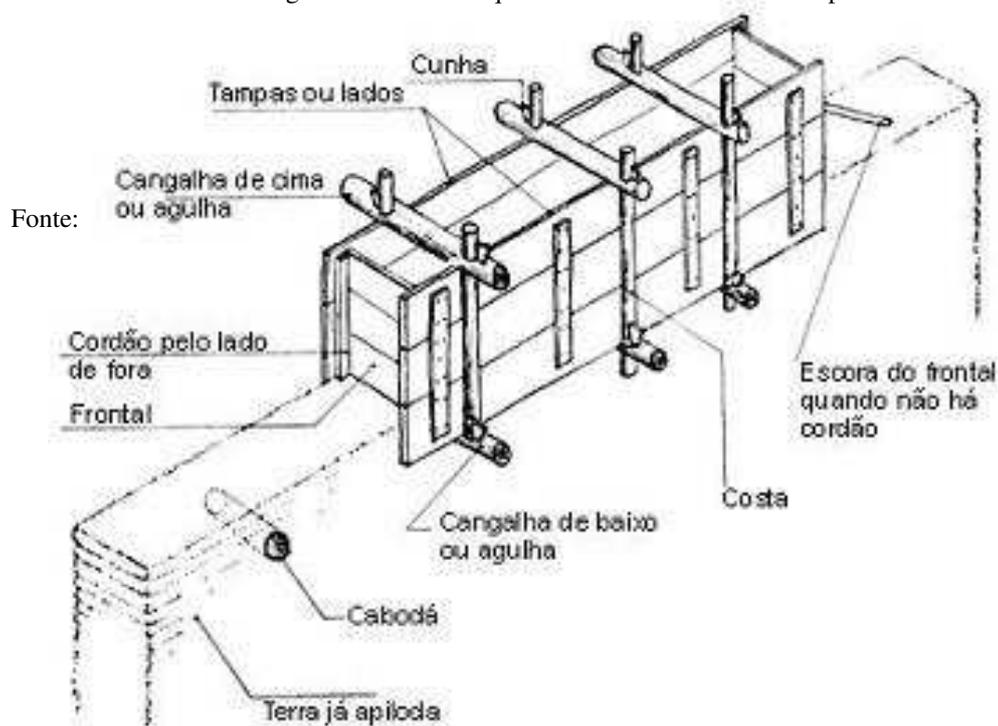
4.2.2 Formas (taipais):

As paredes são feitas por terra úmida comprimida em formas (taipais), como já citado, compostas, segundo Minke (2005), por tábuas paralelas, unidas por um travesaño(peça de madeira que atravessa de um lado à outro da forma).

Os taipais possuem medidas que variavam de 100 a 150 centímetros de altura por 200 a 400 centímetros de comprimento, compostos por tábuas presas a um sarrafo,

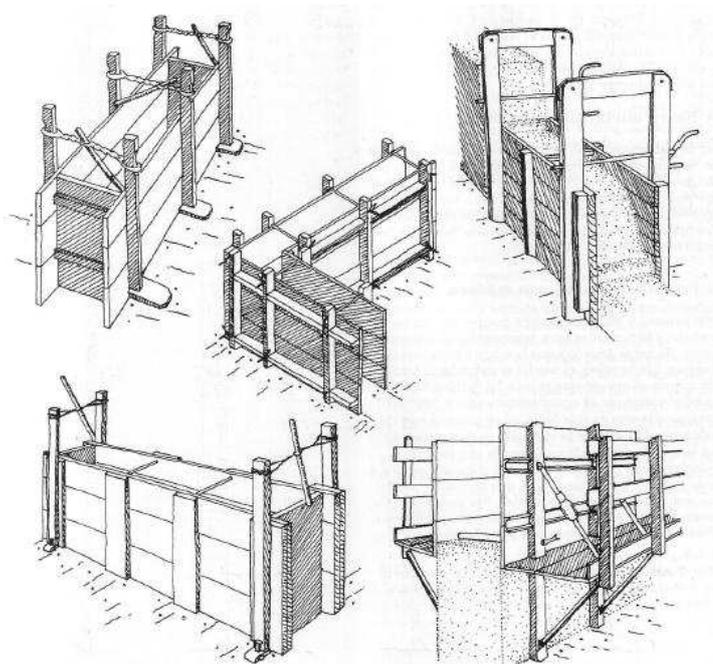
formando um tabuado com juntas de topo para as tampas ou lados, distanciadas em função da espessura da parede por outro tabuado denominado de frontal e presas com paus roliços denominados de agulha ou cangalha, na horizontal, e costa, na vertical, formando uma espécie de caixa sem fundos, conforme as figuras 04 e 05.

Fig. 04 - Elementos que constituem as formas ou taipais.



Fonte: vilavera.com.br/taipadepilao.htm.

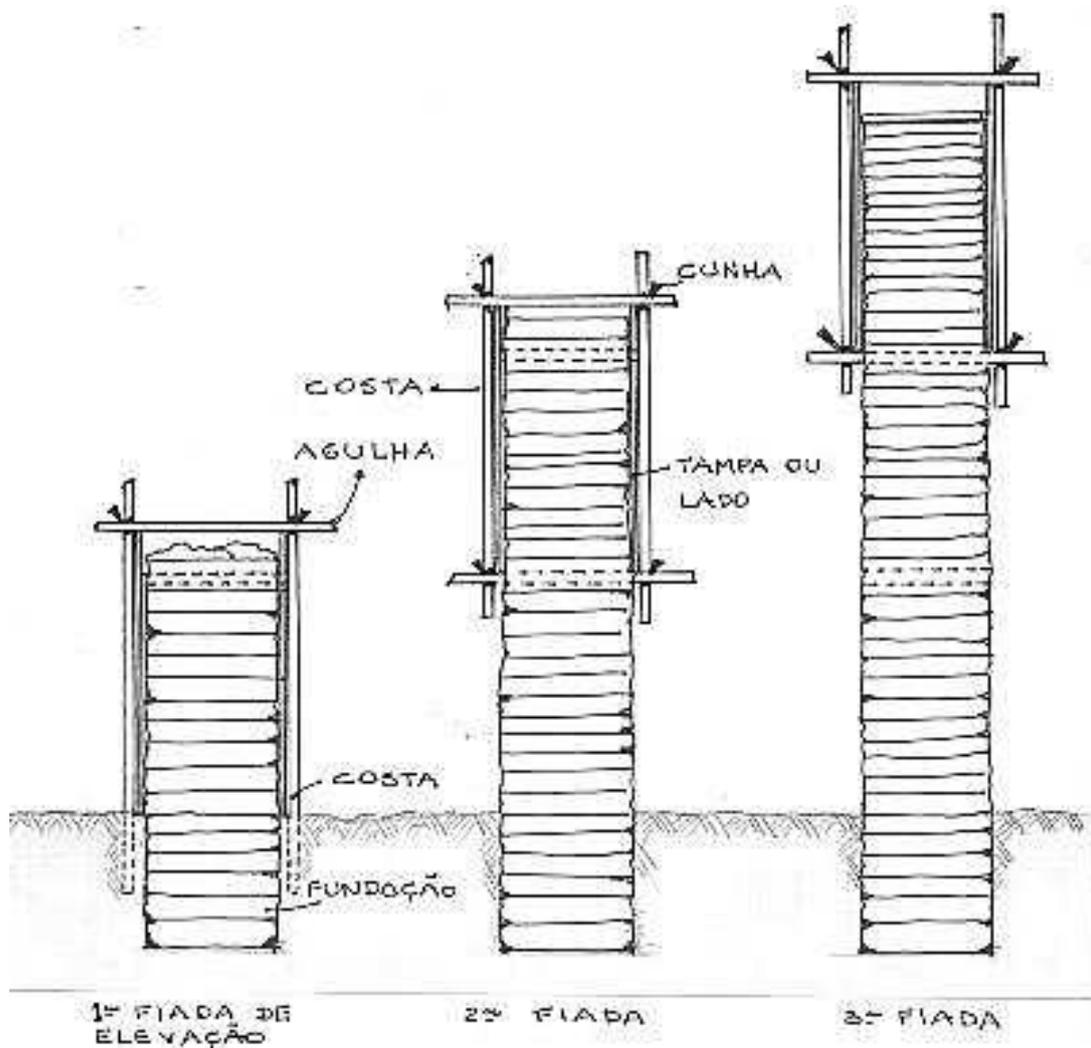
Fig. 05 - Formas para Taipa de Pilão.



Fonte: MINKE (2005).

Os taipais são dispostos de modo a formar fiadas horizontais de blocos de taipa e têm as juntas verticais normalmente desencontradas. Na primeira fiada o taipal é apoiado diretamente no solo, conforme a figura 06. Sobre as fundações e para as fiadas subsequentes são colocadas transversalmente à espessura madeiras roliças a dois terços da altura, de modo que quando da execução da próxima fiada, as agulhas ou cangalhas de baixo eram enfiadas no orifício (denominado de codo) deixado após a retirada dessa madeira que tinha permanecido dentro do bloco de taipa anterior. Esses orifícios recebem uma argamassa de terra após a retirada do taipal e antes do revestimento.

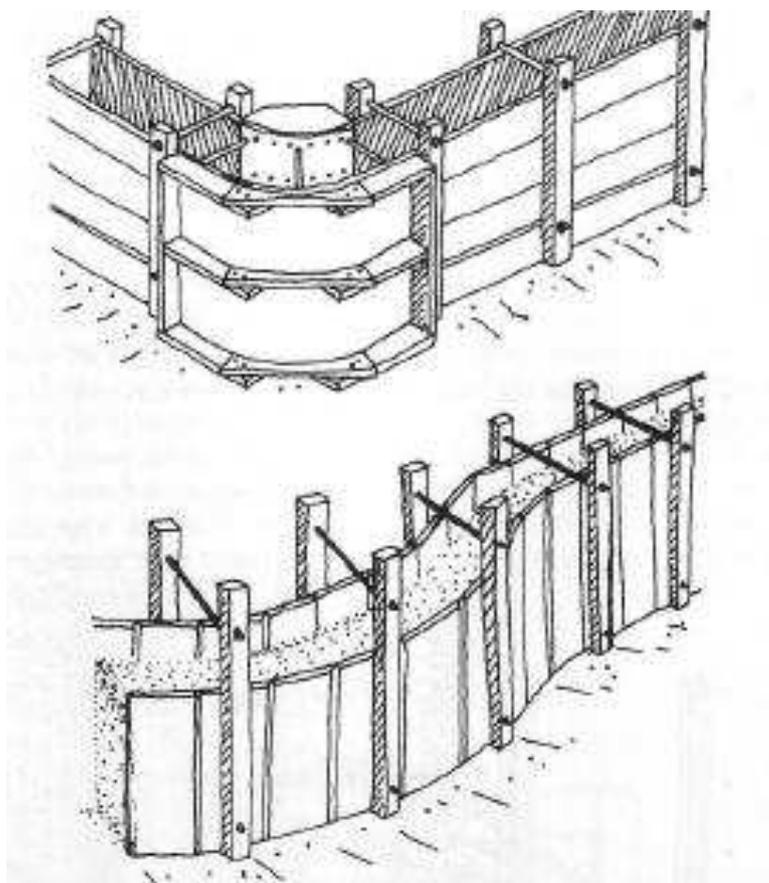
Fig. 06 - Esquema de deslocamento da forma conforme a execução das fiadas.



Fonte: vilavera.com.br/taipadepilao.htm.

Segundo Minke(2005), com formas especiais é possível construir também casas com esquinas arredondadas e paredes curvas, como mostra a fig. 07.

Fig. 07– Formas para muros circulares e curvos.



Fonte: Minke (2005)

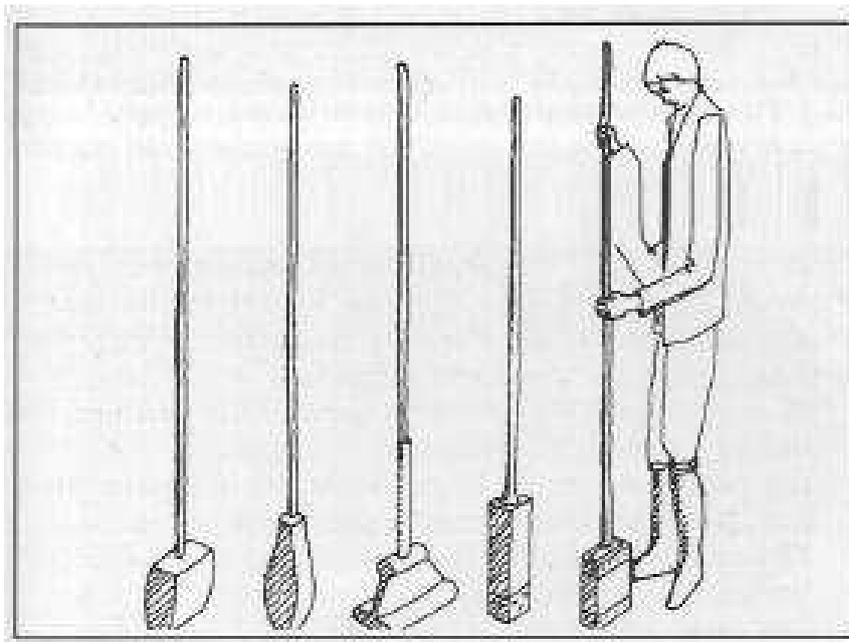
O mesmo autor também menciona que, as formas quando não são bem feitas, podem aumentar significativamente o tempo de execução da montagem, ajuste e remoção. E para que isso não ocorra, ele faz as seguintes recomendações:

- As formas devem ser bem rígidas para evitar que cedam durante o processo de apiloamento;
- As peças devem ser leves o suficiente para poderem ser transportadas por até no máximo duas pessoas;
- A forma deve ser fácil de ajustar na direção vertical e horizontal;
- É preferível que os cantos não requeiram moldes especiais. Por isso, eles devem permitir variação no comprimento.

4.2.3 Ferramentas:

Minke(2005) afirma que antigamente o barro era compactado apenas com ferramentas manuais usando pilões de base cônica, em forma de cunha ou de base plana, como mostra a figura 08.

Fig. 08– Pilões utilizados para compactação manual.



Fonte: Minke (2005).

Utilizando pilões de base cônica e aqueles que têm forma de cunha, as camadas de barro se mesclam melhor e se obtêm uma maior coesão do barro. No entanto, a terra apiloadada com esses tipos de pilões necessitam de um tempo maior de execução se comparadas aos de base plana.

A base do pilão não deve ter uma ponta muito aguda, para que, em caso do molde ser de madeira, este não seja danificado pela ferramenta. A superfície de sua base não deve ser menor que 60cm², nem maior que 200cm² e o seu peso deve ficar entre 5 e 9Kg. É preferível, ainda de acordo com Minke(2005), que se utilize um pilão de duas cabeças, arredondada de um lado e quadrada do outro. Isso permite que se possa usar a ferramenta do lado quadrado para compactar as esquinas com mais precisão e o lado arredondado para o resto.

Além das ferramentas manuais, o autor também destaca compactadores elétricos e pneumáticos, que podem diminuir significativamente o tempo de execução das paredes. Como exemplo, cita o compactador Ram II G (fig. 09) produzido pela Atlas-Copco,

que é muito apropriado pois tem a vantagem de possibilitar a troca da peça que entra em contato com a terra, de arredondada pra quadrada, no momento de compactação dos cantos.

Fig 09. – Compactadores pneumáticos.



Fonte: Minke (2005).

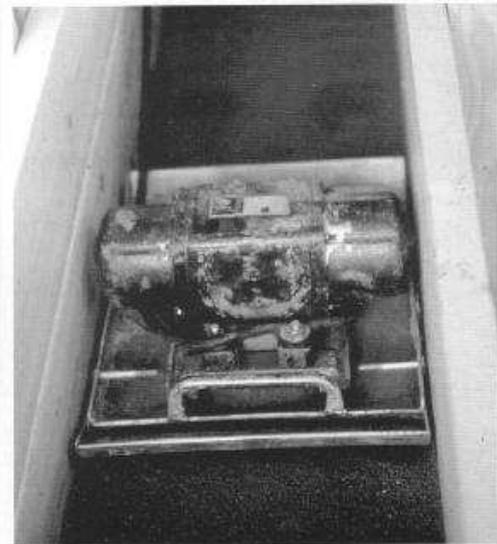
Outro exemplo é o compactador elétrico por vibração(fig. 10 e 11), cujo motor tem uma vibração de 1000 a 1200 ciclos por minuto. A parte mais importante desse equipamento é a sua base especial, que o permite se movimentar sozinho dentro da forma durante o processo de compactação.

Fig. 10 – Compactador pneumático.

Fig. 11 – Compactador pneumático dentro da forma.



Fonte: Minke (2005).



Fonte: Minke (2005).

4.2.4 Compactação:

De acordo com NEVES (2009), o controle da compactação é muito simples e intuitivo. O som emitido pelo compactador vai se modificando durante a compactação e, ao final, ele é “quase metálico”. O término é identificado facilmente pelo operador, pois o

compactador não deixa mais marcas sobre a superfície compactada. A partir daí, todo esforço de compactação é praticamente inútil.

Outro fator fundamental de controle é a espessura das camadas da mistura solta: estas, antes da compactação, não devem ser superiores a 20 cm. Outro aspecto relativo à compactação corresponde a massa do compactador, é importante que sempre se utilize compactadores com mesma massa de modo que a energia de compactação seja uniforme.

4.2.5 Execução de vãos:

Imediatamente depois de terminada a compactação, os moldes podem ser desmontados. Ao mesmo tempo, nesse momento, o barro prensado pode ser perfurado, raspado ou cortado (fig. 12). Normalmente, para fazer aberturas de portas e janelas, se colocam peças adicionais dentro dos moldes durante o apiloamento, para que estas definam previamente os vãos.(Minke, 2005).

Fig. 12 – Parede de terra apiloada sendo cortada imediatamente após a retirada dos moldes.



Fonte: Minke, 2005.

4.2.6 Processo de secagem:

Segundo Minke (2005), não é possível estabelecer o momento em que uma parede de barro está seca, mas sempre o processo de secagem é mais rápido que o de tijolos e o de concreto. Se o clima é seco e quente e se há movimento suficiente de ar, o processo de

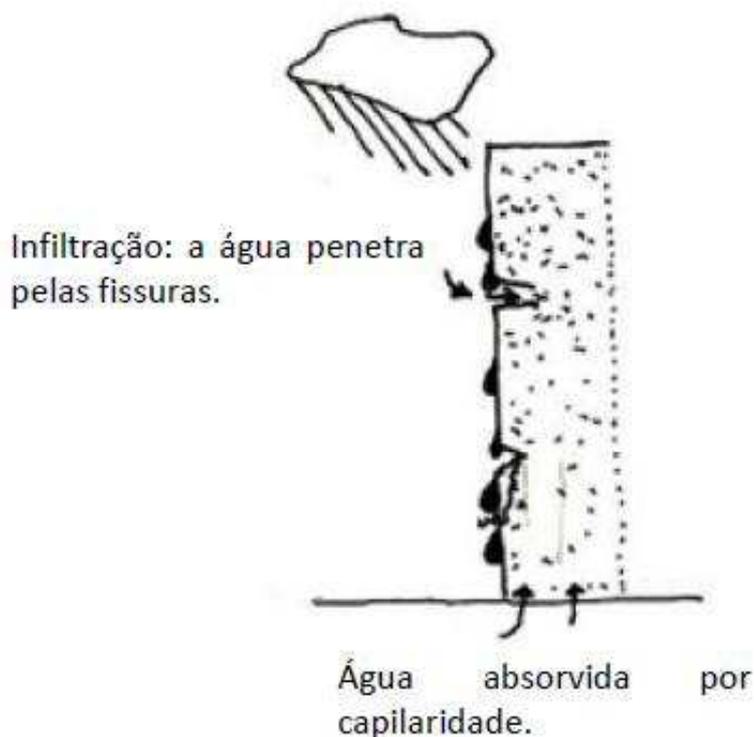
retração estará concluído depois de alguns dias. Depois de três semanas pode-se sentir com o tato que a parede está totalmente seca, mas a quantidade de água é ainda assim elevada em relação ao equilíbrio de umidade.

4.2.7 Cuidados e tratamento da superfície:

A parede resultante da técnica da taipa de pilão é muito resistente, porém convém lembrar que a terra como material construtivo é um material que necessita de muitos cuidados.

Um dos maiores problemas detectados com as construções em taipa é a erosão que elas apresentam na presença de água tanto do subsolo quanto da superfície ou da chuva, como mostra a figura 13.

Fig. 13 – Principais problemas provocados pela água.



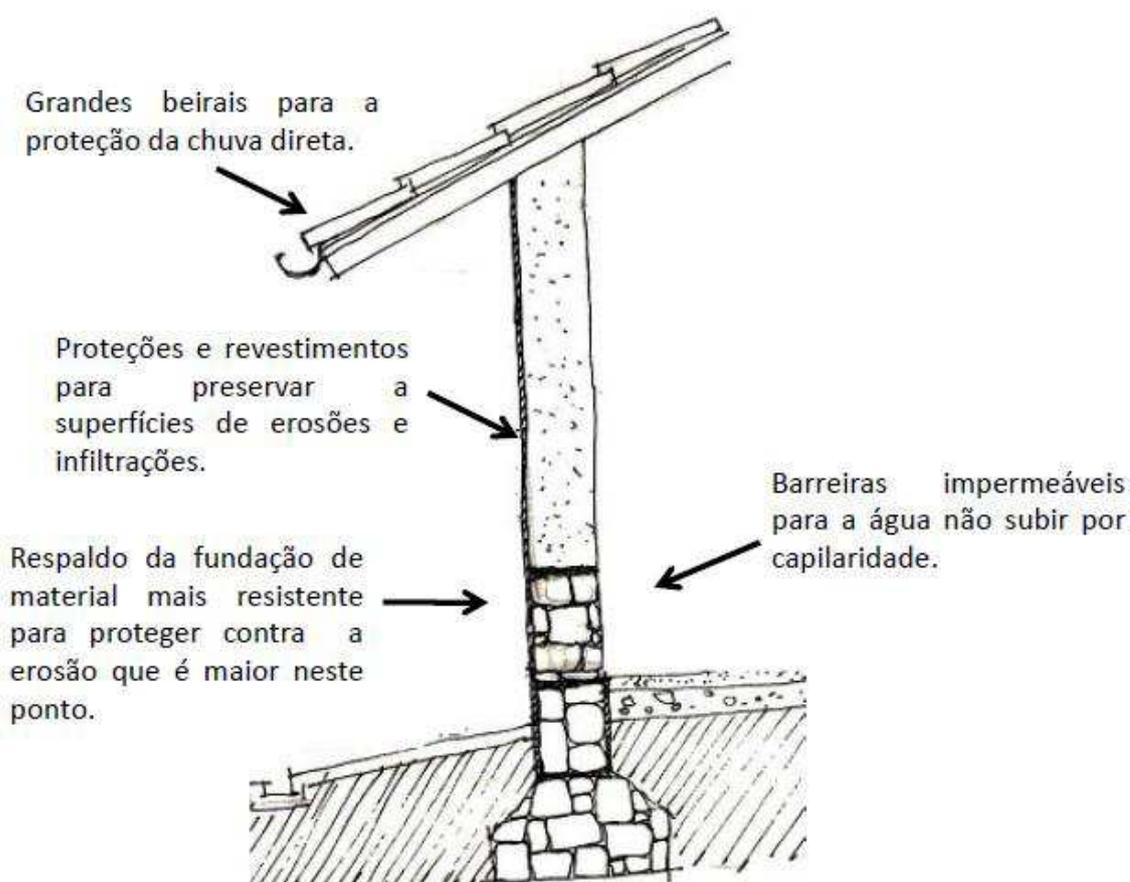
Fonte: vilavera.com.br/taipadepilao.htm.

Uma das patologias mais presentes nestas construções é o sulco, acompanhando o nível do solo externo, deixado pelo escoamento de águas pluviais. Por esse motivo, torna-se necessário que as paredes sejam executadas sobre fundações que ultrapassem o nível do solo em no mínimo 50cm. Permitindo assim, que elas não absorvam água por

capilaridade. Grandes beirais também são recomendados para que possam lançar as águas das chuvas o mais distante possível das paredes de terra.

Minke(2005) afirma que normalmente não seria necessário rebocar uma parede de taipa de pilão, pois assim que são retirados os moldes, se pode obter facilmente uma superfície lisa onde se poderia aplicar diretamente uma pintura, devendo as paredes serem protegidas da chuva apenas pela cobertura. Porém, em lugares com grandes índices pluviométricos, a utilização do revestimento é indispensável para que se tenha uma maior durabilidade.

Fig. 14 – Principais cuidados necessários para a proteção da parede de taipa de pilão.



Fonte: vilavera.com.br/taipadepilao.htm.

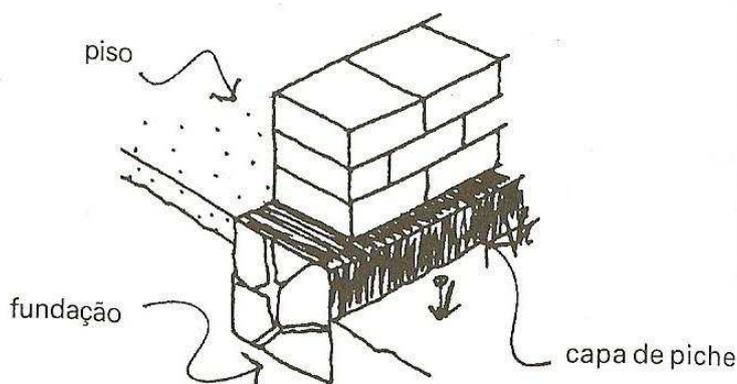
Na sua maioria as superfícies arquitetônicas em terra utilizam a matéria-prima no seu estado plástico/líquido e em texturas de grão inferior ao utilizado na técnica de construção das paredes. A terra utilizada é a mesma, mas crivada, com maior percentagem de finos que aumenta, conforme se aproxima da camada final. Os rebocos são diversos e na

generalidade executados em camadas, seguida pela pintura. Variam de lisos a rugosos, de relevos a granulados e de decorados a simples.

O caráter efêmero destas superfícies muitas vezes degradadas e carentes de substituição após a época das chuvas, dotou estas camadas de uma importância e valor que não se atribui a outras superfícies arquitetônicas. (FERNANDES, 2007)

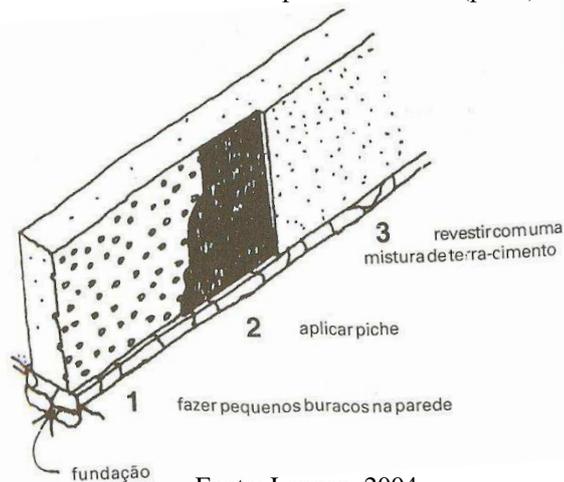
De acordo com Lengen(2004), para deter a passagem de água e preservar as paredes, deve-se recobrir as paredes de terra e as fundações com camadas de acordo com as figuras 15 e 16, respectivamente.

Fig. 15 – Aplicação de impermeabilizante (piche) nas fundações.



Fonte: Lengen, 2004.

Fig. 16 – Revestimento com impermeabilizante (piche) nas paredes.



Fonte: Lengen, 2004.

Nas casas de terra, deve-se ter cuidado também com as instalações hidrossanitárias, para que não venham a causar vazamentos e, conseqüentemente, comprometer a durabilidade da edificação.

Seguindo essas recomendações e executando de forma correta a técnica, as paredes de taipa de pilão serão de boa qualidade e mais duradoras.

5. O PROJETO:

Com base em toda fundamentação teórica estudada, o objetivo do trabalho, é a proposição de um anteprojeto de habitação unifamiliar sustentável de alto padrão, feito com taipa de pilão associada a outros materiais, na cidade de São Luís. A intenção é, como já mencionado, além de propor o resgate às técnicas de construção com terra, incentivar a implantação de projetos sustentáveis na cidade, como alternativa às construções convencionais.

Dessa forma, a escolha do local de instalação da habitação sustentável, teve como principal critério a localização em uma área urbana, onde já existissem casas de alto padrão, com o intuito de mostrar que a construção com terra pode alcançar estes mesmos padrões das habitações construídas com materiais industrializados convencionais.

5.1 Terreno escolhido:

O terreno escolhido para o desenvolvimento do projeto fica localizado próximo à Av. Mario Andreazza, no Bairro Turu. É um terreno plano, com grandes dimensões, onde será utilizado apenas um lote de esquina de 25x40m, como mostram as figuras 17 e 18.

Fig. 17 – Localização do terreno escolhido.

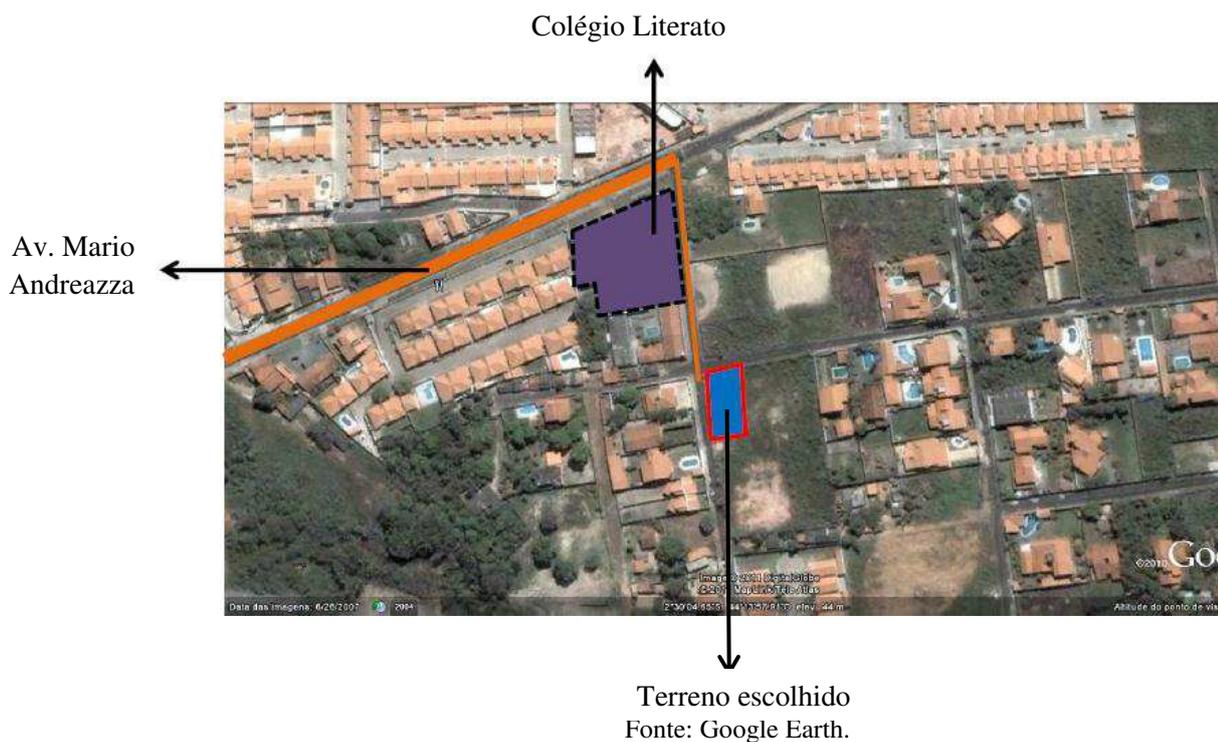
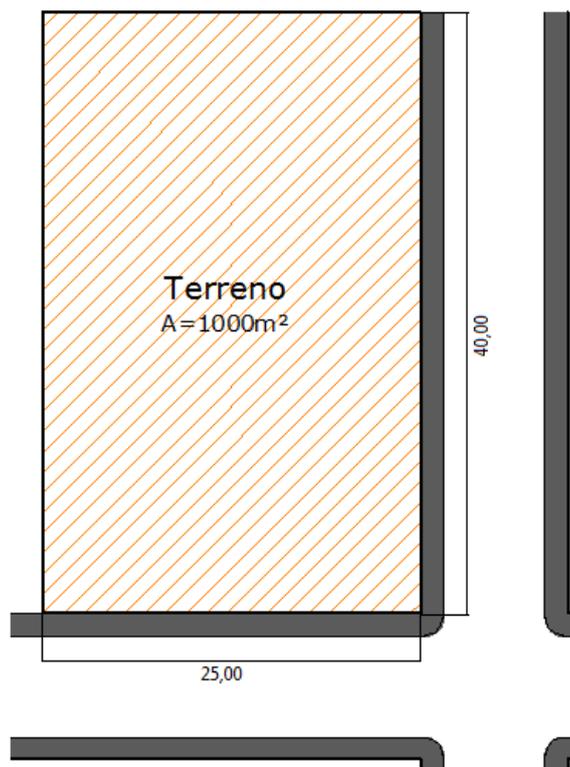


Fig. 18 – Dimensões do terreno escolhido.



Fonte: RODRIGUES, 2011.

Fig. 19 – Vista do terreno da rua.



Fonte: RODRIGUES, 2011.

Fig. 20 – Vista interior do terreno.



Fonte: RODRIGUES, 2011.

Ele está inserido, segundo a Legislação Urbanística de São Luís, na Zona Residencial seis (ZR6), portanto deve obedecer aos seguintes critérios:

- Área mínima do lote igual a 450,00m².
- Testada mínima do lote igual a 20,00m.
- Área Total Máxima da Edificação (ATME) igual a 210% da área do terreno.
- Área Livre Mínima do Lote (ALML) igual a 50% do terreno.
- Gabarito máximo permitido igual a 10 pavimentos.
- Afastamentos:

Principal: 5,00m

Lateral principal: 2,5m

Lateral secundário: 2,00m

Fundos: 2,00m

5.2 Programa de necessidades:

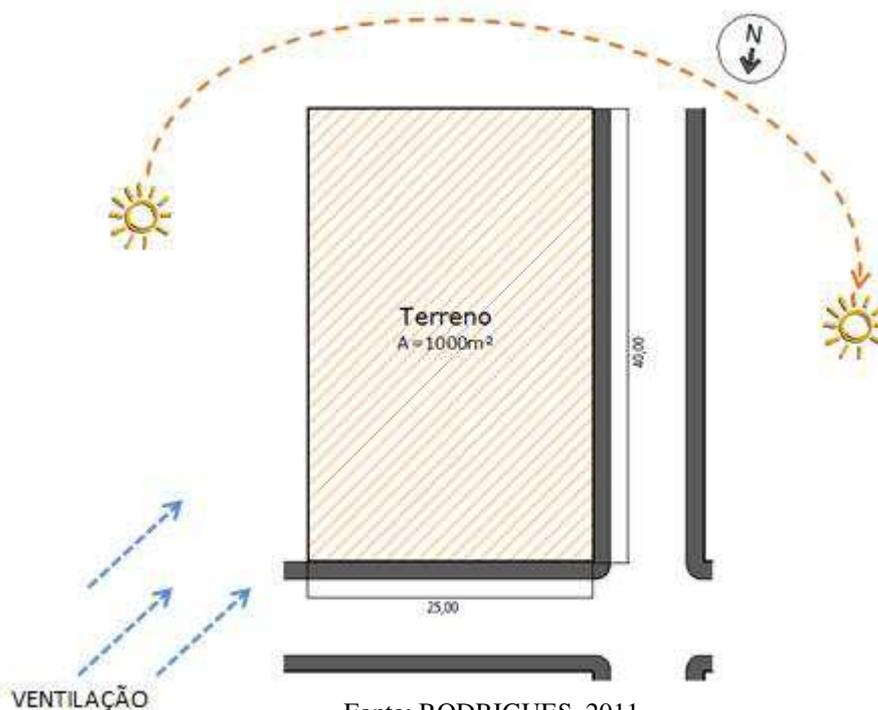
Levando em consideração o propósito de desenvolver um projeto de alto padrão, como já mencionado, convencionou-se que a habitação deveria conter Sala de estar, Sala de jantar, Sala de TV (Home Theater), Cozinha, Escritório, Lavabo, 3 suítes, Dep. de empregada (suíte), Área de serviço e Varandas, que seriam distribuídos em dois pavimentos.

- PAV. TÉRREO (área social): Sala de Estar;
Sala de Jantar;
Cozinha;
Escritório;
Lavabo;
01 suíte(quarto de hóspedes);
Dep. de empregada (suíte);
Área de serviço;
Varandas.
- PAV. SUPERIOR (área privada): Sala de Tv (Home Theater);
02 suítes.

5.3 Estudo Preliminar:

Após a escolha do terreno e a definição do programa de necessidades passou-se para a etapa de elaboração do projeto, tomando conhecimento, primeiramente, da ventilação e insolação sobre o terreno, para melhor propor a disposição dos cômodos.

Fig. 21 - Ventilação e Insolação no terreno.

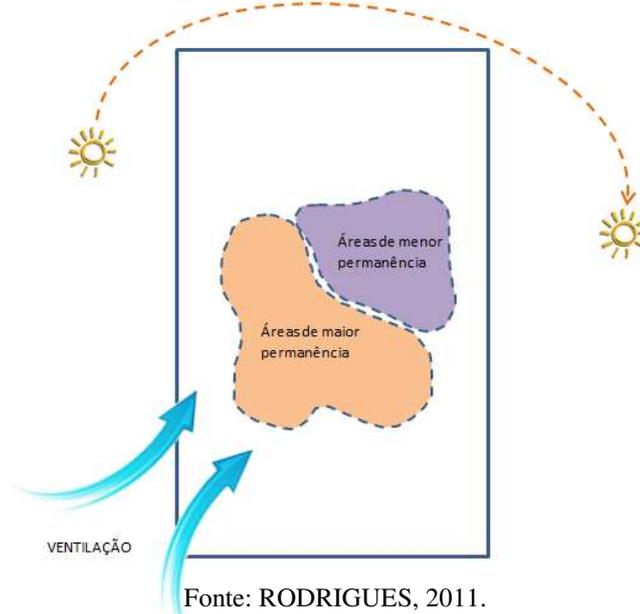


Fonte: RODRIGUES, 2011.

Levando em consideração os princípios do projeto sustentável já estudados, procurou-se aproveitar ao máximo a ventilação e iluminação natural do terreno para que a qualidade ambiental interna fosse assegurada. Dessa forma, num estudo de zoneamento,

decidiu-se por dar prioridade aos cômodos de maior permanência localizando-os na parte leste do terreno, onde a ventilação é direta.

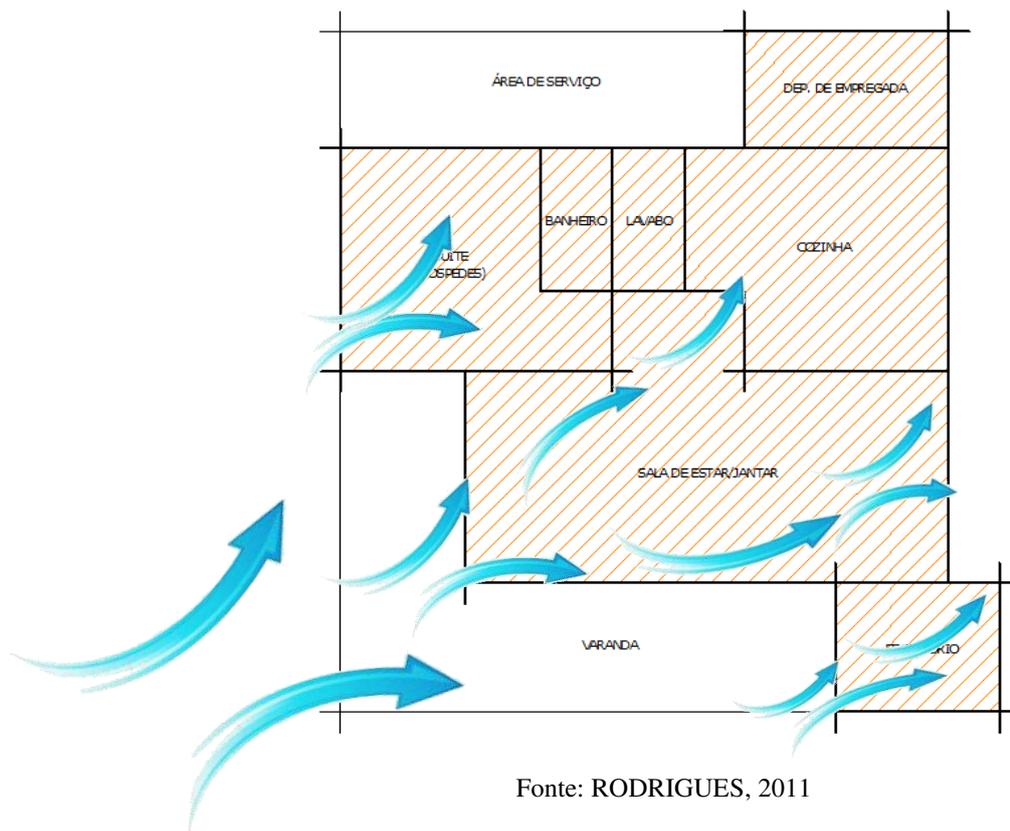
Fig. 22– Zoneamento.



Fonte: RODRIGUES, 2011.

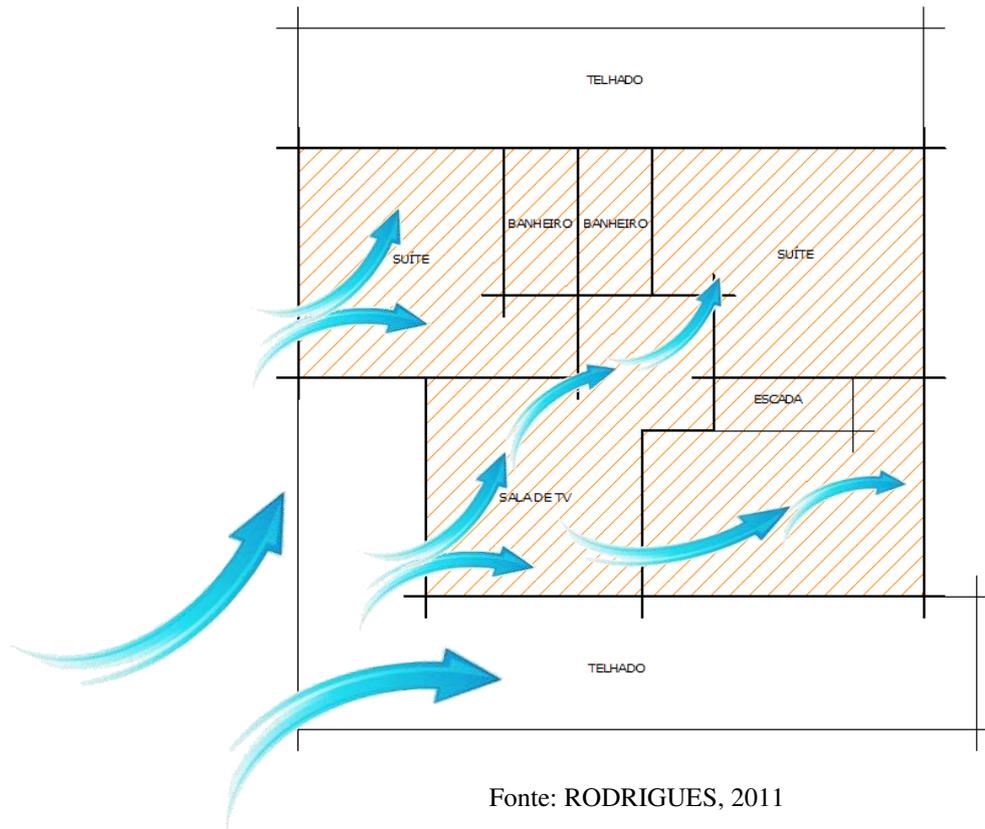
A partir do zoneamento, e considerando varandas, sala de estar, sala de jantar, escritório e quartos como cômodos de maior permanência, num estudo preliminar, chegou-se à seguinte configuração. (Fig. 23 e 24).

Fig. 23– Estudo preliminar de disposição de cômodos e ventilação, Pav. Térreo.



Fonte: RODRIGUES, 2011

Fig. 24 – Estudo inicial de disposição de cômodos e ventilação, Pav. Superior.



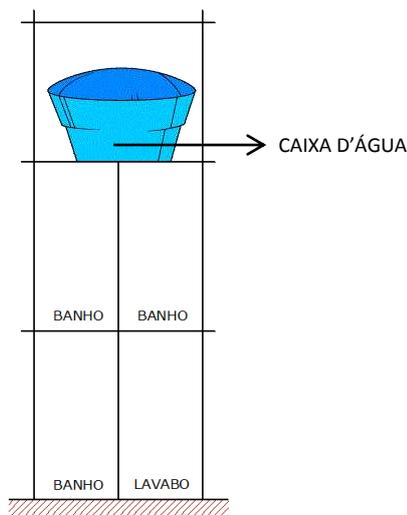
Fonte: RODRIGUES, 2011

A forma da planta foi pensada de modo que permitisse a maior quantidade de cômodos voltados para a ventilação. No pavimento térreo, todos os ambientes recebem ventilação direta com exceção da cozinha e áreas de serviço (cômodos de menor permanência).

No pavimento superior, apesar dos quartos serem considerados áreas de maior permanência, um deles está localizado na porção oeste, onde há maior incidência de insolação. Essa escolha se deu por pretender-se priorizar um cômodo frequentado por mais pessoas, uma área de maior convívio social, no caso a sala de tv. Dessa maneira, ela ficou localizada na porção leste, recebendo a ventilação direta e a solução de conforto para o quarto que recebe insolação ficou por conta da não abertura de janelas na principal parede atingida, e pela própria espessura da parede de terra, que garante a inércia térmica necessária para manter a temperatura interna constante, a níveis amenos, apesar da temperatura externa estar alta.

Optou-se também por localizar os banheiros, tanto do térreo quanto do pavimento superior, uns próximos aos outros, formando um só bloco, que facilitaria a implantação das instalações hidrossanitárias (Fig. 25).

Fig. 25 – Corte esquemático do bloco de banheiros.



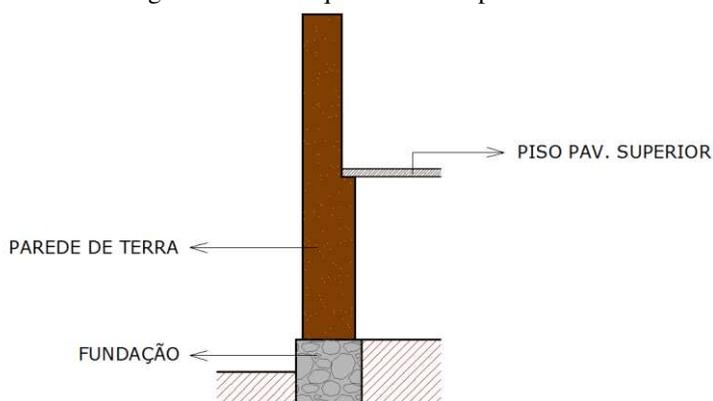
Fonte: RODRIGUES, 2011.

5.4 Materiais e Métodos Construtivos:

Após a definição da melhor configuração para os cômodos, seguiu-se o desenvolvimento do projeto, agora com foco nos materiais e métodos construtivos. A primeira medida foi definir quais paredes seriam feitas com a técnica da taipa de pilão e a espessura que deveriam ter.

Levando em consideração que a espessura da parede de taipa deve ser 10% de sua altura, e que a edificação terá uma altura total de aproximadamente 8 metros, fica definida a espessura da parede do térreo em 80cm. As do pavimento superior ficam de 60cm, pois essas necessitam ser mais finas que as primeiras para que o espaço gerado pela diferença entre as duas possa apoiar o piso do segundo pavimento, como mostra a fig. 26. É importante lembrar também, que todas as paredes do térreo irão apoiar-se em uma fundação de pedra, que será elevada 50cm do nível do solo, visando proteger a parede de terra da ação da água.

Fig. 26 – Corte esquemático das paredes de terra.



Fonte: RODRIGUES, 2011.

O problema da formação dos ângulos na taipa de pilão é sempre um pouco delicado, por isso, para facilitar a execução da técnica, uma outra solução adotada foi a colocação das aberturas de portas e janelas preferencialmente nos cantos.

Devido a grande espessura exigida pela parede de taipa de pilão, convencionou-se que apenas as paredes externas e algumas internas seriam feitas com essa técnica. As demais seriam executadas com um material que possibilitasse a construção de paredes mais finas, para compensar a perda de espaço com as primeiras. Assim, pensou-se inicialmente, em utilizar a taipa de mão ou pau-a-pique para sua construção, mas a sua pouca durabilidade, se comparada à taipa de pilão, fez com que essa hipótese fosse descartada.

Logo, pensou-se no gesso acartonado (fig. 27) como material ideal para as paredes internas, pois além de gerar menos perda de espaço pela sua pouca espessura e reduzir desperdícios por ser um sistema construtivo a seco, supõe-se que a sua leveza resultaria em economia no dimensionamento estrutural para o segundo pavimento.

As paredes de gesso acartonado podem ser definidas como um sistema constituído por perfis de chapas de aço zincado e placas de gesso acartonado formadas por um sanduíche composto na sua parte central de gesso (CaSO_4) e aditivos, entre duas camadas de papel kraft.

A estrutura metálica das paredes é formada por guias (peças horizontais fixadas no chão e teto) e montantes (peças verticais com espaçamento apropriado), que são colocados no interior das guias, formando-se assim, um quadro estável e seguro. Pronta a estrutura metálica, procede-se à instalação de componentes elétricos, hidráulicos, etc.

A seguir, efetua-se o fechamento da parede, com a fixação das placas de gesso acartonado que são aparafusadas à estrutura metálica por meio de parafusos auto perfurantes. Após isto, procede-se o tratamento das juntas entre as placas, com massa e fita apropriadas. Terminada a montagem, a superfície resultante é uniforme, com aparência monolítica, e aceita qualquer tipo de revestimento: pintura, colagem, cerâmica, pastilhas e até mesmo pedras.

Fig. 27 – Montagem de parede de gesso acartonado ou drywall.



Fonte: gurupi.olx.com.br.

Nas paredes do bloco de banheiros decidiu-se por não utilizar a taipa de pilão. Mesmo sendo possível utilizar tal técnica em áreas molhadas, por uma questão preventiva, preferiu-se utilizar, somente neste bloco, uma estrutura convencional em concreto magro formada por seis pilares, uma laje de 12,42m² formando o piso do segundo pavimento e outra acima desta, de mesmo tamanho, formando a base para a instalação da caixa d'água. Esta estrutura seria vedada internamente com gesso acartonado com características hidrófugas, ou seja, com tratamento especial para resistir à umidade, e revestida com cerâmica reciclada (feita a partir de lâmpadas fluorescentes descartadas). Para a execução da parede externa, voltada para a área de serviço, optou-se por utilizar o tijolo modular de solo-cimento, ou tijolo ecológico, ou bloco de terra comprimida (BTC). Os cômodos escritório e dep. de empregada, localizados no pavimento térreo, também seriam executadas com este material.

Solo, cimento e água, são as matérias-primas que compõem este tipo de tijolo, produzido através de prensagem, que dispensa a queima, com isso evitando o desmatamento e conseqüentemente a poluição do ar. Uma das características mais interessantes e facilitadoras são os furos existentes, que dispensam o uso de argamassa de assentamento e ainda permitem a passagem tanto dos dutos elétricos quanto do sistema hidráulico, evitando assim, a quebra de paredes e o desperdício com materiais para a restauração das mesmas, e contribuindo para a melhor gestão dos resíduos.

Três tipos de tijolos de solo cimento serão utilizados na construção: o tijolo padrão (12,5 x 25,00 x 6,25cm, com 2,6kg), o meio-tijolo (12,5 x 12,5 x 6,25cm, com 1,3kg), e o tijolo canaleta (12,5 x 25,00 x 6,25cm, com 2,0kg), como mostra a figura 28.

Fig. 28 – Tijolo padrão, meio tijolo e tipo canaleta.



Fonte: belem.olx.com.br.

A amarração das paredes é feita através do conjunto formado pela cinta inferior, os cantos, as junções de paredes e a cinta superior. A cinta inferior, correspondente à primeira fiada, e a cinta superior, ou última fiada, são compostas somente de tijolos do tipo canaleta preenchidos com concreto e vergalhões de aço por toda sua extensão. Os cantos e junções de paredes possuem os furos, também, preenchidos com concreto e um vergalhão de aço ancorado à fundação e à cinta superior, e ainda é feita a colocação de grautes, ou grampos, a cada dez fiadas entre os tijolos (fig. 29). As vergas e contra-vergas também são executadas com tijolos canaleta do mesmo modo que são feitas as cintas.

Fig. 29 – Preenchimento dos furos com concreto e aço.



Fonte: redetec.org.br.

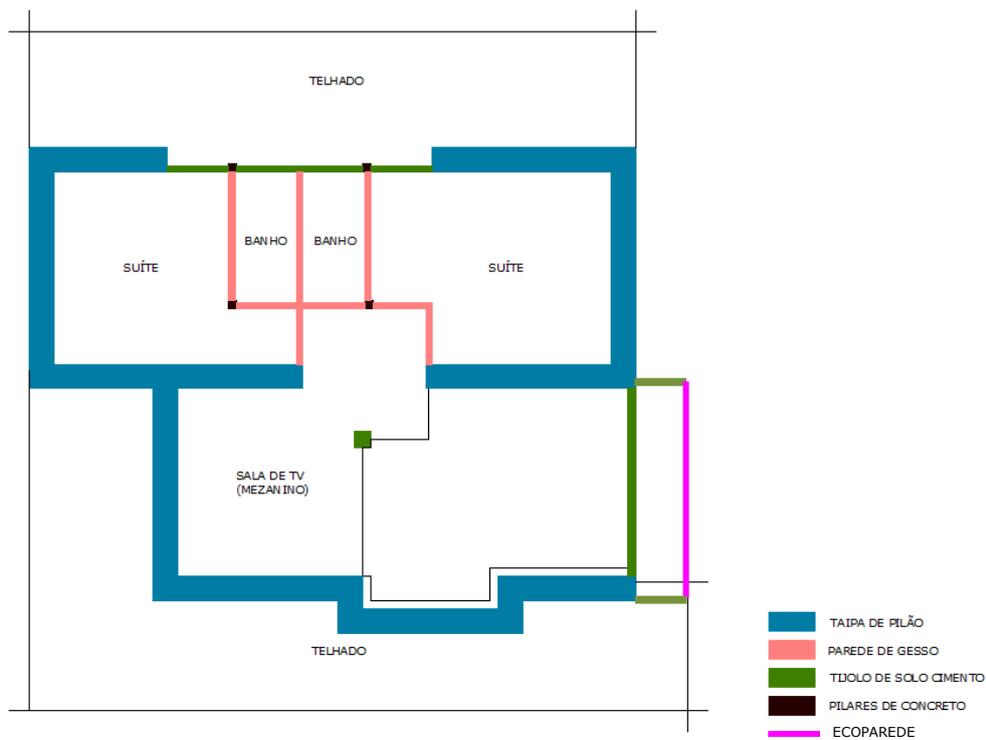
Assim, a planta baixa da edificação, segundo os materiais escolhidos para a execução das paredes, seria formada da seguinte maneira:

Fig. 30 – Planta baixa, Pav. Térreo.



Fonte: RODRIGUES, 2011.

Fig. 31 – Planta baixa, Pav. Superior.



Fonte:RODRIGUES, 2011.

Para o piso do térreo, decidiu-se por utilizar, no lugar das cerâmicas e porcelanatos comumente utilizados em casas de alto padrão, o revestimento de tecnocimento (figura 32) que, apesar de possuir cimento em sua composição, é menos impactante. Nele pode-se utilizar o cimento reciclado e ainda tem a vantagem de poder ser aplicado diretamente sobre pisos pré-existentes, como cerâmicas, mármore, madeira e pastilhas, evitando assim os resíduos habituais gerados em reformas. Ele possui também altas resistências abrasivas e mecânicas, e é de fácil manutenção, outra característica ecológica.

Fig. 32 – Ambiente com revestimento de Tecnocimento.



Fonte: <http://www.martesi.com.br/tecnocimento>

Esse revestimento pode ser aplicado com uma espessura de apenas 2mm e tem a aparência de um cimento queimado sofisticado, com as mesmas características de nuances de cor, porém se diferencia por seu acabamento mais refinado, além de não necessitar de juntas de dilatação e de não apresentar nenhum tipo de trinca ou fissura, se aplicado sobre uma superfície firme, resistente, bem aderida e isenta de falhas. Ele está disponível em várias cores e tem opções de impermeabilização com resina fosca, acetinada ou brilhante. No caso do projeto, a escolha foi por uma cor clara (cor areia) com acabamento brilhante, que pudesse ajudar a deixar os ambientes mais iluminados.

Fig. 33 – Exemplo de revestimento de Tecnocimento na cor areia.



Fonte: <http://www.martesi.com.br/tecnocimento>

Já o piso do pavimento superior, é composto por assoalho sobre estrutura de madeira certificada apoiada nas paredes de taipa de pilão, com exceção dos banheiros, que possuem laje convencional de concreto, como já mencionado.

Para as esquadrias, com exceção das portas internas que serão de madeira certificada, foi adotado o uso da madeira plástica (fig. 34), que se trata de uma mistura de plásticos descartados e fibras vegetais, resultado de uma produção que não gera pó nem requer solventes. Com aspecto semelhante ao do material natural e alta resistência contra intempéries e pragas, dispensa a aplicação periódica de vernizes. Ainda no quesito sustentabilidade, destaca-se por evitar o corte de árvores e reciclar resíduos (especialmente o polietileno de alta densidade) que acabariam em aterros sanitários ou lixões. É 100% reciclado, reciclável e tem custo menor que a madeira certificada. As peças tem 2,5cm de espessura, 10cm de largura, podem ser adquiridos nos comprimentos desejados em até 6 metros e o peso é de 2,20kg por metro linear.

Fig. 34 – Madeira plástica em várias cores.



Fonte: <http://www.ecowoodrio.com.br/tecnologia>.

Para a cobertura, pensou-se na utilização de algum tipo de telha que também tivesse caráter ecológico e, levando em consideração que um dos princípios da bioarquitetura é a promoção de uma maior integração do edifício com a natureza, decidiu-se por executar na habitação o telhado verde. Ele consiste na aplicação e uso de vegetação sobre a cobertura de edificações com impermeabilização e drenagem adequadas, proporcionando melhorias nas condições de conforto termo acústico e paisagismo das edificações, reduzindo a poluição ambiental comum em grandes centros urbanos. Durante o inverno funciona reduzindo perdas de calor da superfície sobre a qual está instalado; e no verão, a vegetação ajuda a regular a umidade relativa do ar do ambiente, além de refletir parte dos raios infravermelhos do espectro solar, que provocam calor na edificação.

O ecotelhado é formado de uma geomembrana impermeabilizante ou telha flexível colocada sobre ripamento longitudinal. Sobre isto vão as ecotelhas(fig. 35), que são bandejas de concreto leve ,divididas em vasos que impedem a erosão, onde é colocado substrato e plantas resistente a seca , de porte baixo e crescimento lento.

Fig. 34 – Ecotelhado.



Fonte: <http://www.redetec.org.br>

A pintura das paredes internas de taipa de pilão será à base de cal e feita sobre uma camada de revestimento composto por terra e cimento. Para as externas, será acrescentado a este revestimento um impermeabilizante (asfalto) com o intuito de melhor protege-las da ação das chuvas.

Com respeito às instalações elétricas e hidrossanitárias, decidiu-se que as primeiras seriam embutidas em todos os casos, e que esta última, por uma questão preventiva, não seria embutida nas paredes de taipa de pilão, para que, caso ouvesse algum vazamento, não compromettesse a sua durabilidade. Como a maioria das instalações hidráulicas estão concentradas no bloco de banheiros, que possui paredes de gesso que permitem o seu embutimento, apenas a cozinha, com paredes de taipa de pilão, teria suas instalações aparentes. Mas, visando um melhor aspecto estético, estas seriam escondidas por um painel de madeira plástica, que se distanciaria da parede só o necessário para a acomodação das tubulações.

Visando proteger os ambientes do lado de maior insolação, fez-se necessária também a utilização de proteções nas esquadrias que amenizassem a incidência direta dos raios solares. Nas janelas do escritório e da cozinha optou-se pela instalação de brises de madeira, enquanto que nas janelas da sala de estar elegeu-se a ecoparede(fig. 35) como melhor opção, pois, além de possibilitar a proteção das aberturas da entrada do sol, ofereceria um ambiente mais agradável pela presença do jardim vertical.

Formada por um painel de perfis de aço inox, onde são fixados os módulos vegetativos, ela teria sua estrutura apoiada nas paredes de taipa de pilão a uma distância tal, que não prejudicasse as paredes de taipa com sua umidade e que permitisse a delimitação de um pequeno jardim de inverno voltado para a sala de estar.

Fig. 35 – Ecoparede.



Fonte: casaabril.com.br

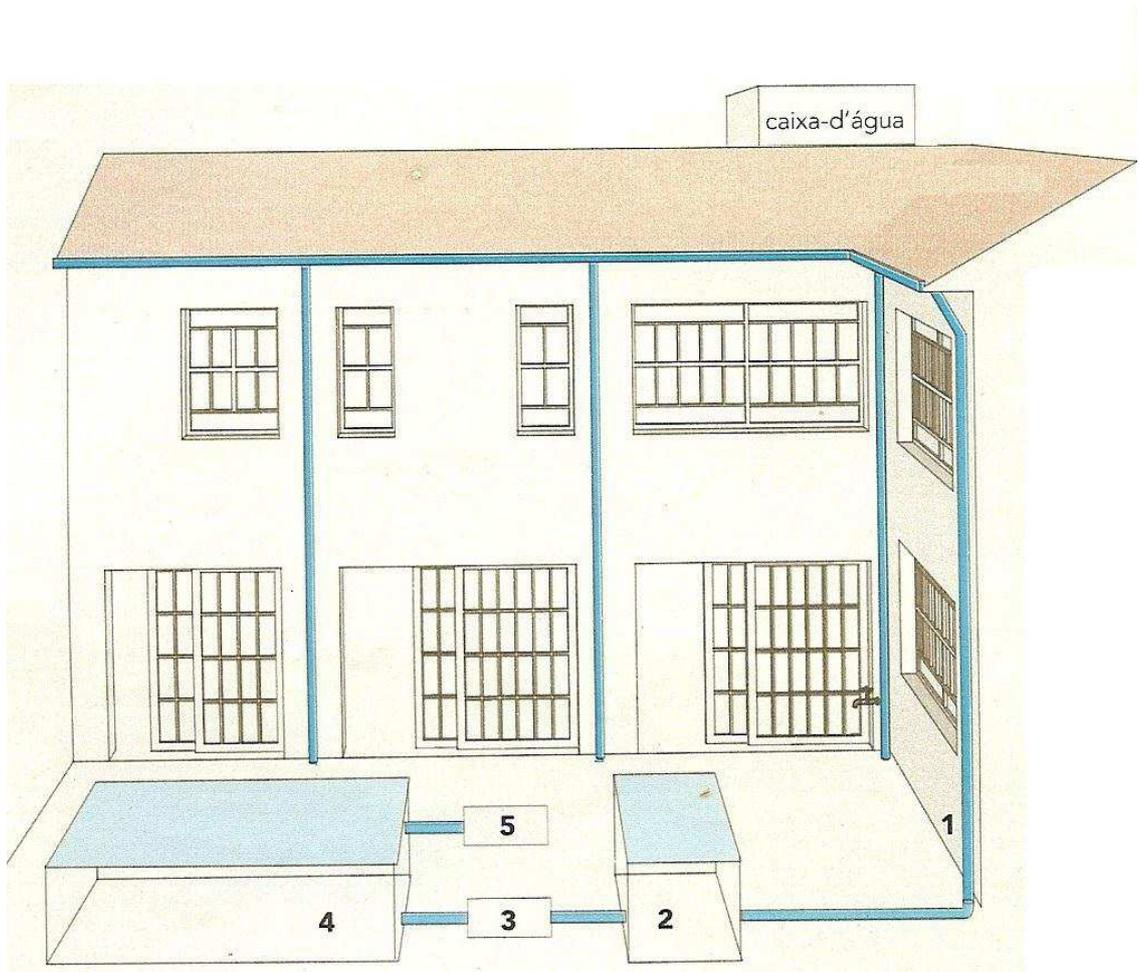
5.5 Gestão de Energia e Água.

Após a definição dos materiais que compunham a arquitetura, a parte final da elaboração da proposta seria da definição dos sistemas de instalações elétricas e hidrossanitárias da habitação.

Para a questão da Gestão e economia da água adotaram-se soluções como reaproveitamento de águas pluviais e reuso da água de chuveiros e pias para abastecer as descargas.

Para o reaproveitamento da água das chuvas faz-se necessário a instalação de tubulações exclusivas para a captação e a construção de reservatórios subterrâneos de concreto armado. Onde, de acordo com a figura 36, a água desce pelos canos (1) e chega à caixa de passagem (2). Em seguida, passa pelo filtro (3) e fica armazenada na cisterna (4). Com a ajuda de um pressurizador (5), ela é encaminhada às torneiras dos jardins e dos banheiros do térreo. Caso a cisterna encha demais, uma tubulação de saída (ladrão) libera o excesso para a rua e evita o transbordamento. Se faltar chuva, há torneiras com água da rua.

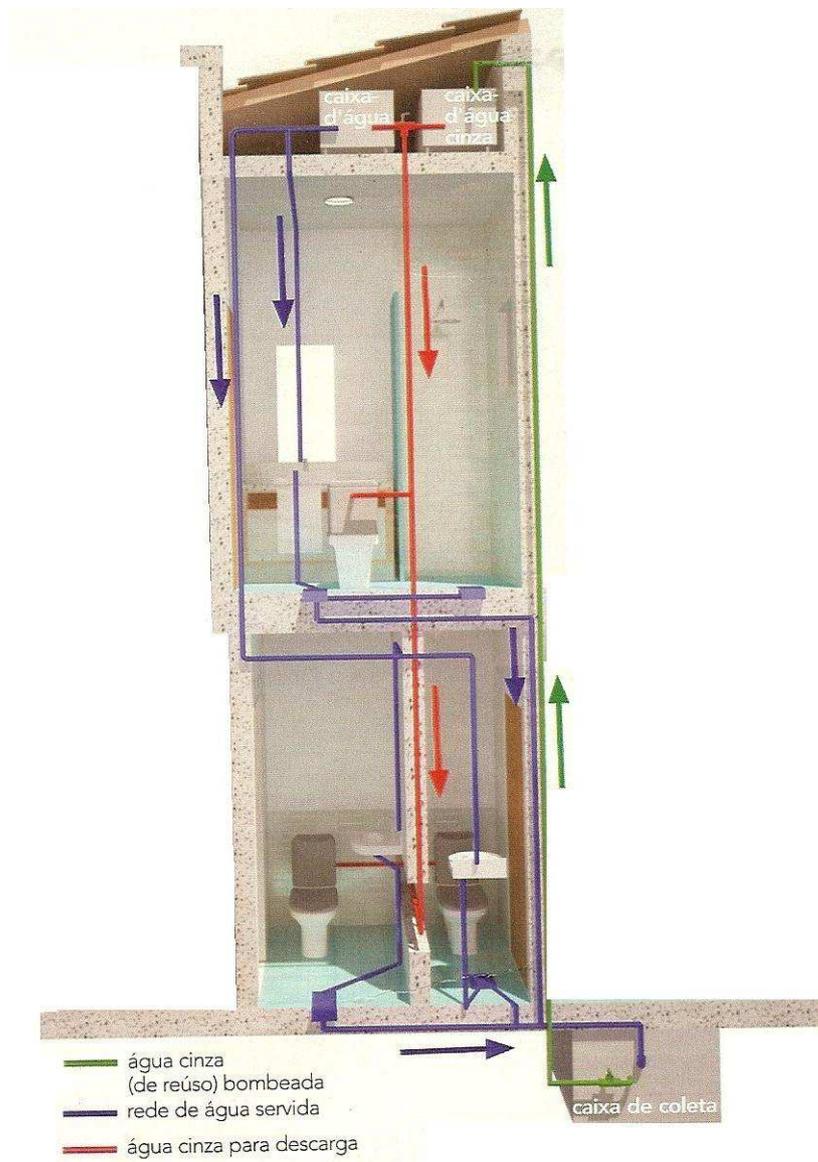
Fig. 36 – Sistema de captação de águas pluviais.



Fonte: ARQUITETURA E CONSTRUÇÃO, 2009.

Responsáveis por até 30% do consumo de água de uma residência, as descargas justificam o investimento num sistema de reuso para o projeto. Neste sistema, de acordo com a figura 37, a água de pias e chuveiros abastece uma caixa de coleta subterrânea, onde é filtrada antes de seguir para um reservatório no telhado. Ali passa pela desinfecção. Por gravidade, ela alcança, então, os vasos sanitários. Todo o sistema é operado por uma central de controle eletrônico, que monitora o tempo de permanência da água cinza na caixa, a abertura e o fechamento das válvulas de controle de fluxo e a dosagem do desinfetante.

Fig. 37 – Sistema de reuso de água de chuveiros e pias para descargas.



Fonte: ARQUITETURA E CONSTRUÇÃO, 2009.

A economia de água também se faz pela especificação de equipamentos inteligentes, como torneira economizadora com sensor de presença e válvula de descarga com fluxo duplo (6 litros para sólido e 3 litros para líquido).

No quesito energia, a eficiência energética do projeto está associada ao uso de materiais como a terra, na taipa de pilão e tijolos de solo cimento, o telhado verde e o gesso, que possuem propriedades térmicas que diminuem a troca de calor com o ambiente externo, proporcionando assim um conforto ambiental que reduz a necessidade de utilização de ventiladores ou aparelhos de ar condicionado. A economia também se fez na especificação de lâmpadas de baixo consumo, como as luminárias de LED, que tem duração de 15 anos sem

manutenção e possuem uma tecnologia que supera a iluminação convencional, gerando uma economia que varia de 50 a 80%.

A implantação desses sistemas de economia de água e energia ainda possuem um custo elevado e são os itens que, comumente, deixam as edificações sustentáveis mais caras. Mas levando em consideração que os custos seriam reduzidos significativamente pela utilização da terra local como matéria-prima, o investimento nesses sistemas não tornaria o projeto inviável economicamente, fora que todo o investimento é recuperado, em pouco tempo, com a economia que proporcionam, em torno de 30%.

Baseado em pesquisas, pode-se perceber também que, o preço dos materiais ecológicos especificados no projeto são, em média, 5% mais caros que os habitualmente utilizados. Um custo muito pequeno para o bolso do consumidor se forem levados em consideração o conforto que proporcionam e o ganho ambiental.

Outras decisões de projeto foram a localização da garagem na porção oeste do terreno, deixando a parte leste livre de obstáculos para a ventilação, e a permanência da maior quantidade possível de área permeável no terreno, onde seriam utilizados somente placas cimentícias que delimitariam os percursos sobre a grama e jardins. A intenção é, além de proporcionar a maior absorção da água pelo solo, evitando enxurradas, muito comuns em áreas urbanas, proporcionar um entorno mais agradável e natural possível, onde a habitação pudesse estar integrada.

Desta maneira, após um maior esclarecimento das alternativas encontradas para tornar a habitação ecologicamente correta, o próximo capítulo apresenta, em forma de anteprojeto de arquitetura, o resultado das soluções propostas para a implantação da habitação unifamiliar sustentável na cidade de São Luís.

5.6 Anteprojeto Arquitetônico:

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante da realidade da degradação dos recursos naturais do planeta e das preocupações cada vez maiores com o meio ambiente foi interessante abordar de que maneira se poderia contribuir para a concepção de um setor da construção civil mais engajado com a causa ecológica.

Considerando tais perspectivas, a contribuição desse Trabalho Final de graduação foi mostrar que existem muitas maneiras, dentro da arquitetura, de se unir tecnologia com natureza e o ecologicamente correto com beleza, através da busca de alternativas, soluções, modelos e ideias, somando bons resultados.

Através desta pesquisa, pode-se mostrar também a eficiência da técnica da Taipa de Pilão, como método construtivo sustentável, visando criar um ambiente com aspecto bonito e de qualidade. Almejando assim, desmistificar o conceito de que construções com terra são efêmeras e não mais viáveis nos dias de hoje.

Toda a pesquisa feita serviu também para mostrar a importância do planejamento e da especificação de materiais ecologicamente corretos nos projetos arquitetônicos. Salientando para o fato de que o mais importante para se atingir um resultado sustentável em todas as áreas, é o comprometimento e a consciência ecológica estabelecida entre o consumidor, o profissional e os fornecedores.

O anteprojeto de habitação desenvolvido vai além da sua função de abrigo, e cumpre a sua finalidade de propor soluções que reduzam o impacto causado pela construção civil ao meio ambiente, promove o bem estar térmico, acústico e espacial do usuário, oferece meios de suporte para a diminuição dos gastos referentes às necessidades básicas do usuário, enquanto morador e consumidor de serviços indispensáveis à sua sobrevivência e ao contexto urbano no qual está inserido.

Enfim, representa a possibilidade de criar soluções arquitetônicas, não apenas de habitação e nem somente de alto padrão, que agreguem qualidade, conforto, economia e preservação do meio ambiente, através de ações e projetos embasados em aspectos que tangem a sustentabilidade. Aliados ainda, a uma arquitetura que busca nas próprias raízes, técnicas (como a taipa de pilão) e meios de criar espaços que primam pelo conforto e funcionalidade do espaço construído, harmonizando as atividades humanas com o ambiente natural, sem afetar o direito de usufruto dos recursos do planeta pelas futuras gerações.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABCTerra, **Taipa de pilão**. Disponível em: <<http://www.abcterra.com.br/construcoes/index.htm>>, Acessado em: 15 de jun. 2011

ALVARENGA, M. A. A. **A arquitetura de terra como instrumento de desenvolvimento social**. FAU -USP, São Paulo 1995.

BARDOU, Patrick; ARZOUMANIAN, Varoujan (1979). **Arquitecturas de adobe**. Barcelona: Editora Gustaco GILI. 165p.

CNTL/ SENAI. **Produção mais limpa em edificações**. Porto Alegre, 2007.

COELHO, Ana C. V. **As técnicas vernaculares de construção aliadas à inovação tecnológica: um possível caminho para a sustentabilidade?**. Lisboa. 2007.

CORBELLA, Oscar/ YANNAS, Simos. **Em Busca de Uma Arquitetura Sustentável Para os Trópicos**. Editora Revan, 2003.

FERNANDES, Maria. Artigo **Patrimônio de Terra: universalidade das técnicas**. Disponível em: <<http://mestrado.reabilitacao.fa.utl.pt/disciplinas/jaguiar/MariaFernandesTERRA1.pdf>>Acessado em 10 de jun. 2011.

FERNANDES, Maria. Artigo **Técnicas de construção em terra**. Disponível em: <[http://www.baukultur.pt/ficheiros_artigos%5CT%C3%A9nicas%20de%20Constru%C3%A7%C3%A3o%20em%20Terra\(1\).pdf](http://www.baukultur.pt/ficheiros_artigos%5CT%C3%A9nicas%20de%20Constru%C3%A7%C3%A3o%20em%20Terra(1).pdf)>. Acessado em 11 de jun. 2011.

FERNANDES, Maria. Artigo **Terra: material, patologia, conservação**. Disponível em: <<http://mestrado.reabilitacao.fa.utl.pt/disciplinas/jaguiar/MariaFernandesTERRA2.pdf>>. Acessado em 11 de jun. 2011.

GAUZIN-MULLER, Dominique. **Arquitetura Ecológica**. Editora Senac São Paulo. São Paulo, 2011.

IGLESIAS, F. T. C.. **Arquitetura de terra no século XXI: uma utopia?**. Silves, Lisboa, 1993.

LACOMBE, F.J.M.; Heilborn, G.L.J. **Administração: princípios e tendências**. Ed. Saraiva. São Paulo, 2003.

LENGEN, Johan Van. **Manual do arquiteto descalço**. Porto Alegre: Livraria do arquiteto; Rio de Janeiro: TIBÁ, 2004.

MINKE, Gernot. **Manual de construcción en tierra: la tierra como material de construcción y sus aplicaciones em la arquitectura actual**. Uruguay: Nordan-Comunidad, 2005.

MOSTAEDI, Arian. **Arquitetura Sustentável-Hightechhousing**. Editora IJB Ediciones.

NEVES, Célia Maria Martins; FARIA, Obede Borges; ROTONDARO, Rodolfo; CEVALLOS, Patrício S.; HOFFMANN, Márcio Vieira. (2009). **Seleção de solos e métodos de controle na construção com terra – práticas de campo**. Rede Ibero-americana

PROTERRA. Disponível em: <http://redprotterra.org>. Acessado em 22 de jun. 2011.

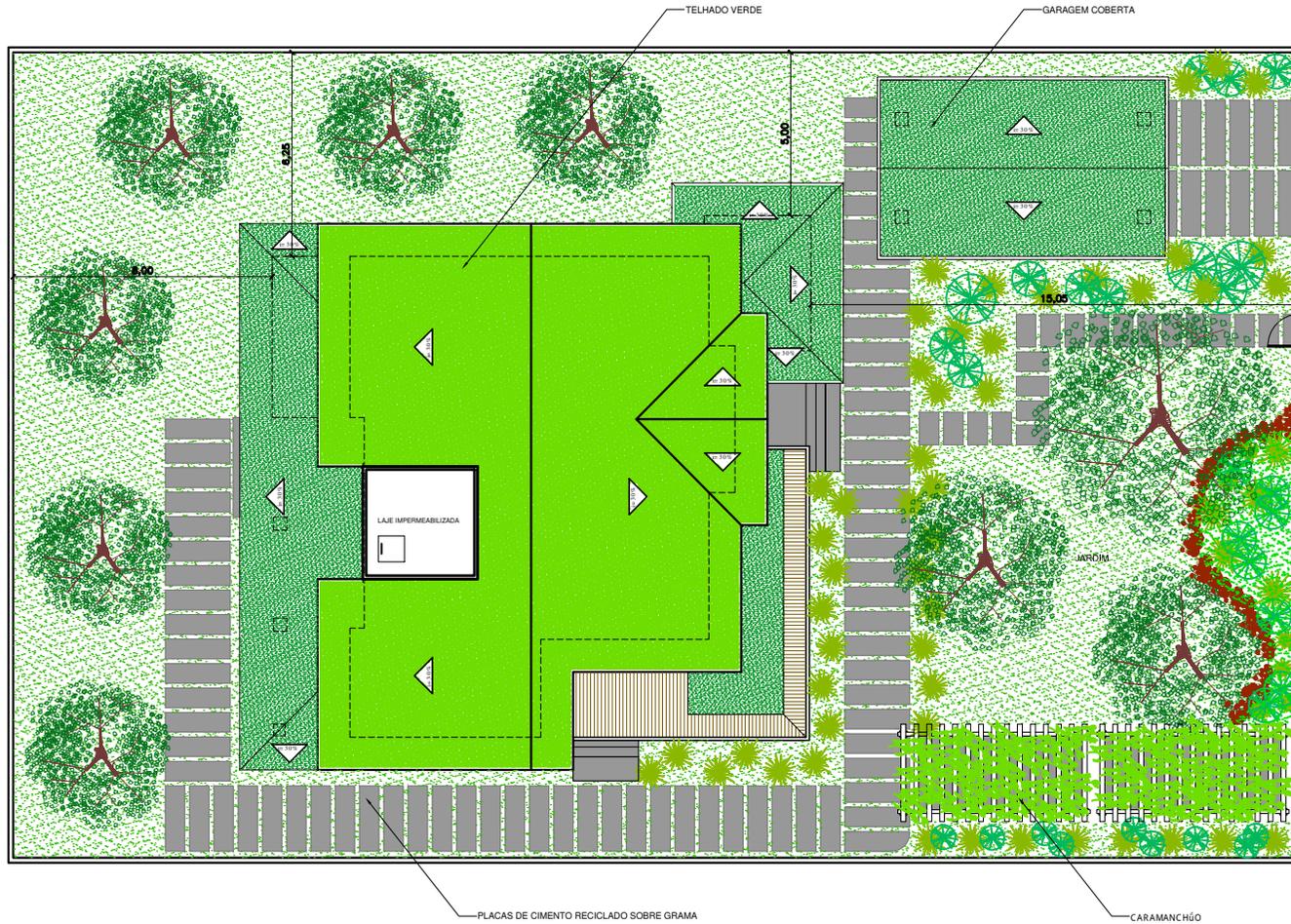
ROAF, Susan. **Ecohouse: a casa ambientalmente sustentável**. Traduzido por Alexandre Salvaterra. 2.ed. Porto Alegre. Bookman, 2005.

RELATÓRIO BRUNDTLAND, 1987. Disponível em: http://200.144.189.36/phd/default.aspx?id=24&link_uc=disciplina. Acessado em: 17 de jun. 2011.

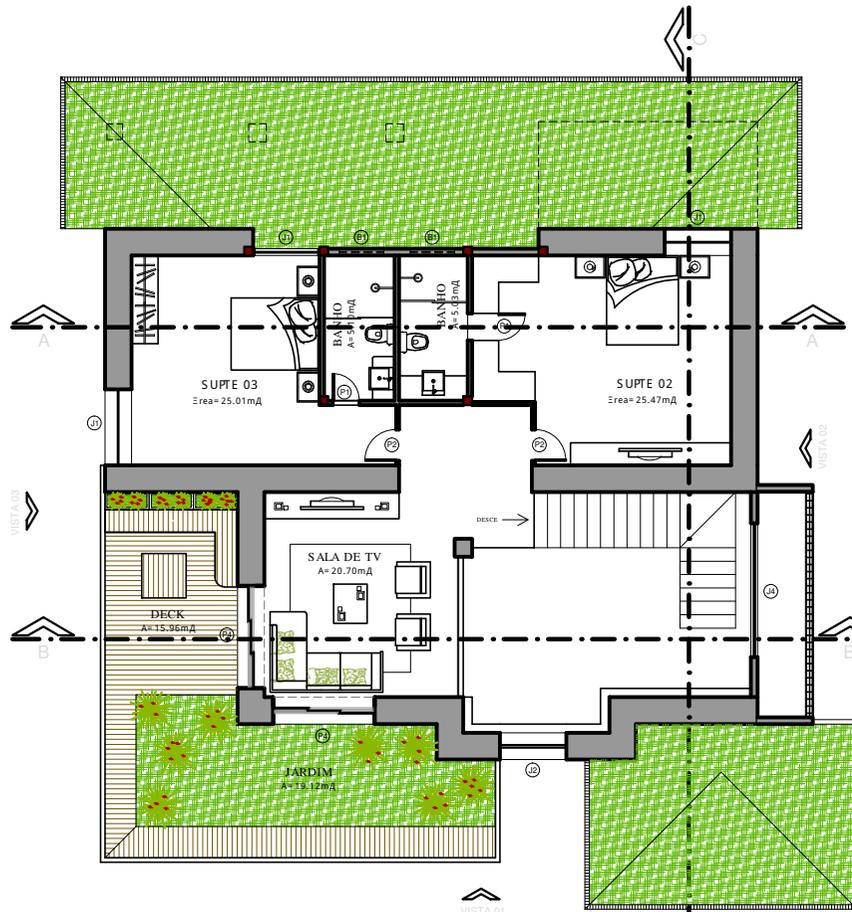
SÃO LUÍS. Prefeitura Municipal. **Legislação Urbanística de São Luís**. São Luís: Imprensa Universitária, 1997.

SCHMIDT, Carlos Borges. **Construções de taipa: alguns aspectos de seu emprego e da sua técnica**. São Paulo: Secretaria da Agricultura, 1946.

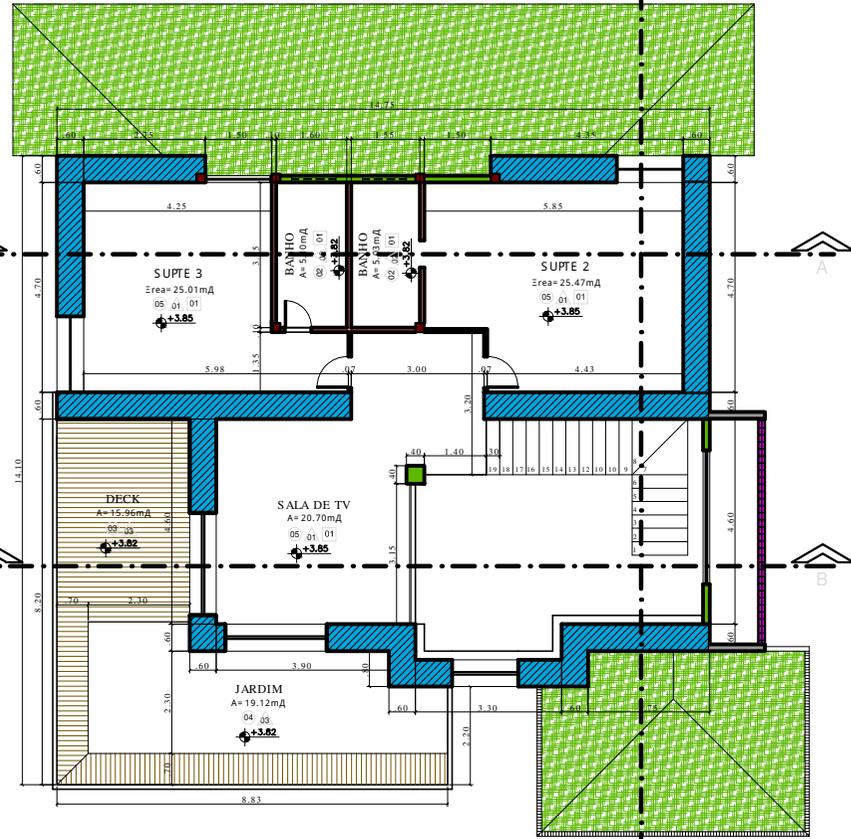
SOUZA, R. C. J. de. **Problemas de Conservação em Construções Típicas de Minas Gerais**. Cadernos de arquitetura e Urbanismo. Belo Horizonte, 1996.



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO				
TRABALHO FINAL DE GRADUAÇÃO ARQUITETURA E URBANISMO		ALUNA: ANA PAULA L. RODRIGUES 06.132.11		
PROJETO: HABITAÇÃO UNIFAMILIAR SUSTENTÁVEL		ORIENTADOR: GERALDO DE MAGELA		NÚMERO: 01/05
TÍTULO: PLANTA DE SITUAÇÃO E COBERTURA				
DATA: AGOSTO/2011	MODIFICADO EM: 11.07.2011	ESCALA: 1/100	FORMATO: A2	



PLANTA SUPERIOR - LAYOUT
1/75



PLANTA SUPERIOR - COTAS
1/75

QUADRO DE ESQUADRIAS	
PORTAS	
P1 -	PORTA DE ABRIR DE MADEIRA (0.60 X 2.10m)
P2 -	PORTA DE ABRIR DE MADEIRA (0.70 X 2.10m)
P3 -	PORTA DE ABRIR DE MADEIRA (0.80 X 2.10m)
P4 -	PORTA DE CORRER DE MADEIRA PLESTICA COM VENEZIANAS3 (2.30 X 2.50m).
P5 -	PORTA DO TIPO PIVOTANTE DE MADEIRA (1.50 X 2.50)
P6 -	PAINEL DE CORRER DE MADEIRA TIPO MÃO AMGA - 3 MÓDULOS (1.15 X 2.50)
JANELAS	
J1 -	ESQUADRIA FIXA DE MADEIRA PLESTICA COM VENEZIANAS (1.50 X 1.50m)
J2 -	ESQUADRIA FIXA DE MADEIRA PLESTICA E VIDRO (1.50 X 1.80)
J3 -	ESQUADRIA DE CORRER DE MADEIRA COM VENEZIANAS (3.0 X 2.50)
J4 -	ESQUADRIA FIXA DE MADEIRA COM VENEZIANAS (3.0 X 2.50)
B1 -	ESQUADRIA TIPO BASCULATE DE MADEIRA E VIDRO (1.00 X 0.60 X 1.80)

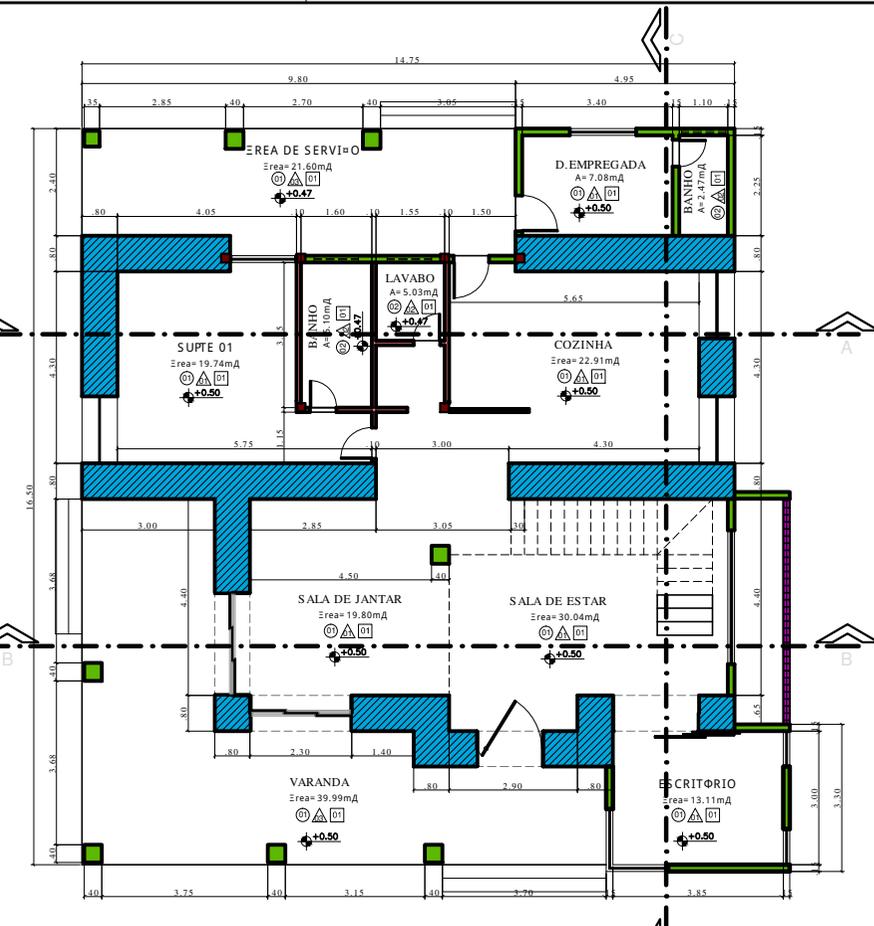
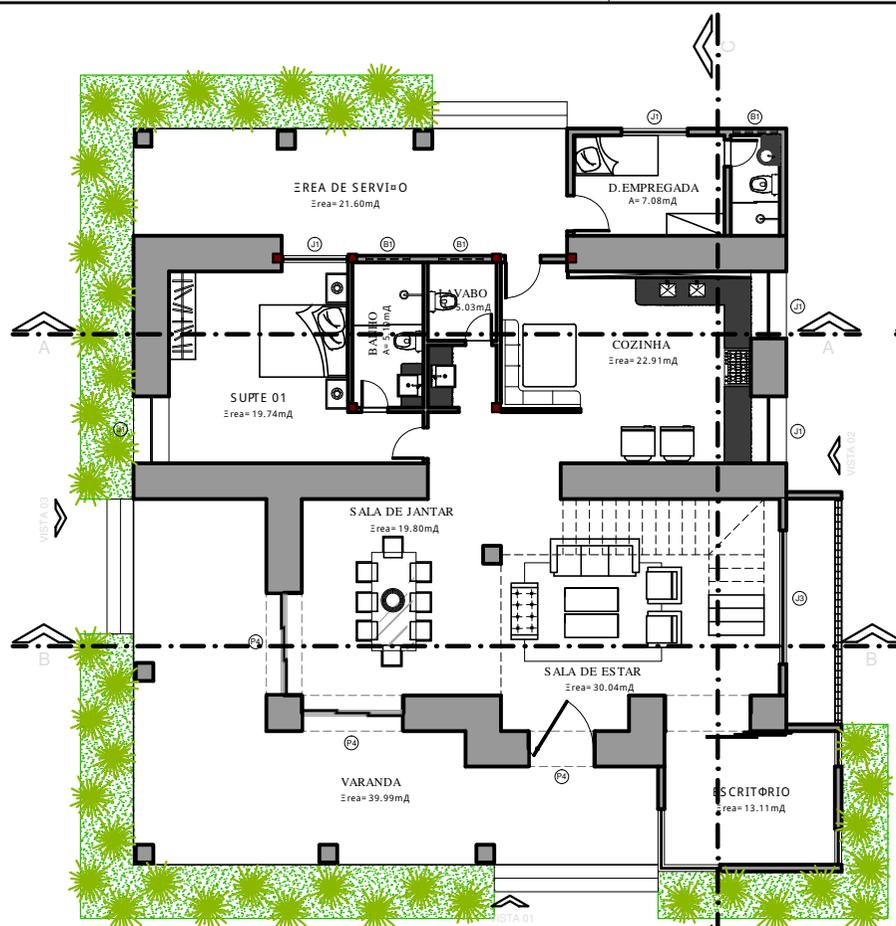
QUADRO DE ESPECIFICAÇÕES	
	PISO
1 -	TECNOCIMENTO NA COR AREIA COM ACABAMENTO BRILHANTE
2 -	CERÂMICA 30 X 30m NA COR AREIA
3 -	DECK DE MADEIRA PLESTICA RECICLADA
4 -	SUBSTRATO COM VEGETAÇÃO
5 -	ASSOALHO DE MADEIRA CERTIFICADA
	PAREDE
1 -	PINTURA Ú BASE DE CAL SOBRE REBOCO DE TERRA E CIMENTO.
2 -	CERÂMICA RECICLADA 30 X 30cm n= 1.80m
3 -	PINTURA Ú BASE DE CAL SOBRE REBOCO DE TERRA, CIMENTO E IMPERMEABILIZANTE
	FORRO
1 -	FORRO DE GESSO ACARTONADO

LEGENDA:

	TAIPA DE PILÓO
	GESSO ACARTONADO
	TUJOLO DE SOLO CIMENTO
	PILARES DE CONCRETO
	ECOPAREDE

QUADRO DE ÁREAS	
AMBIENTES	
SUITE 02	30,50 m²
SUITE 03	30,11 m²
SALA DE TV	20,70 m²
VARANDA (JARDIM/DECK)	41,01 m²

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO		
TRABALHO FINAL DE GRADUAÇÃO ARQUITETURA E URBANISMO		
ALUNA: ANA PAULA L. RODRIGUES	06.132.11	
PROJETO: HABITAÇÃO UNIFAMILIAR SUSTENTÁVEL	ORIENTADOR: GERALDO DE MAGELA	
TÍTULO: PLANTA BAIXA - PAVIMENTO SUPERIOR - LAYOUT E COTAS		NÚMERO: 02/05
DATA: AGOSTO/2011	MODIFICADO EM: 11.07.2011	ESCALA: 1/75
		FORMATO: A2



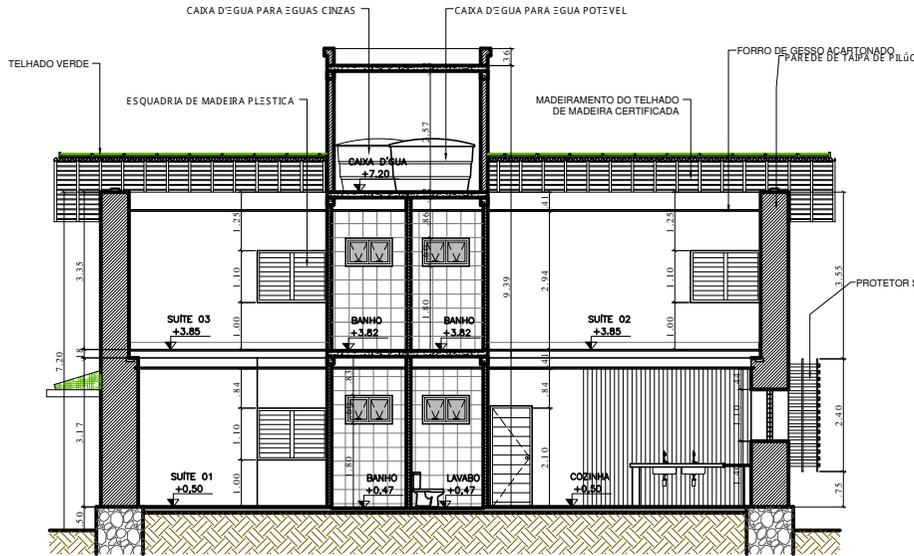
QUADRO DE ESQUADRIAS	
PORTAS	
P1 - PORTA DE ABRIR DE MADEIRA (0.60 X 2.10m)	
P2 - PORTA DE ABRIR DE MADEIRA (0.70 X 2.10m)	
P3 - PORTA DE ABRIR DE MADEIRA (0.80 X 2.10m)	
P4 - PORTA DE CORRER DE MADEIRA PLÁSTICA COM VENEZIANAS3 (2.30 X 2.50m).	
P5 - PORTA DO TIPO PIVOTANTE DE MADEIRA (1.50 X 2.50)	
P6 - PAINEL DE CORRER DE MADEIRA TIPO MÚO AMIGA - 3 MÓDULOS (1.15 X 2.50)	
JANELAS	
J1 - ESQUADRIA FIXA DE MADEIRA PLÁSTICA COM VENEZIANAS (1.50 X 1.50m)	
J2 - ESQUADRIA FIXA DE MADEIRA PLÁSTICA E VIDRO (1.50 X 1.80)	
J3 - ESQUADRIA DE CORRER DE MADEIRA COM VENEZIANAS (3.0 X 2.50)	
J4 - ESQUADRIA FIXA DE MADEIRA COM VENEZIANAS (3.0 X 2.50)	
B1 - ESQUADRIA TIPO BASCULANTE DE MADEIRA E VIDRO (1.00 X 0.60 X 1.80)	

QUADRO DE ESPECIFICAÇÕES	
○ PISO	
1 - TECNOCIMENTO NA COR AREIA COM ACABAMENTO BRILHANTE	
2 - CERÂMICA 30 X 30m NA COR AREIA	
3 - DECK DE MADEIRA PLÁSTICA RECICLADA	
4 - SUBSTRATO COM VEGETAÇÃO	
5 - ASSOALHO DE MADEIRA CERTIFICADA	
△ PAREDE	
1 - PINTURA Ú BASE DE CAL SOBRE REBOCO DE TERRA E CIMENTO.	
2 - CERÂMICA RECICLADA 30 X 30cm h= 1.80m	
3 - PINTURA Ú BASE DE CAL SOBRE REBOCO DE TERRA, CIMENTO E IMPERMEABILIZANTE	
□ FORRO	
1 - FORRO DE GESSO ACARTONADO	

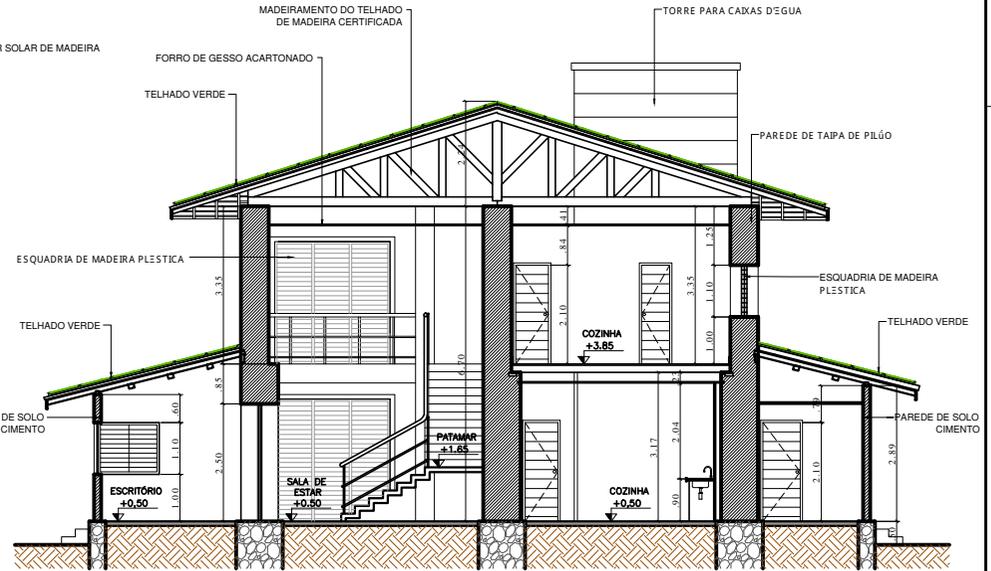
QUADRO DE ÁREAS	
AMBIENTES	
VARANDA	39,99 m²
SALA DE ESTAR	30,04 m²
SALA DE JANTAR	19,80 m²
ESCRITÓRIO	13,11 m²
LAVABO	5,03 m²
COZINHA	22,91 m²
SUITE 01	24,54 m²
ÁREA DE SERVIÇO	21,60 m²
DEP. DE EMPREGADA	9,55 m²

- LEGENDA:
- TAIPA DE PILÓO
 - GESSO ACARTONADO
 - TUIJOLO DE SOLO CIMENTO
 - PILARES DE CONCRETO
 - ECOPAREDE

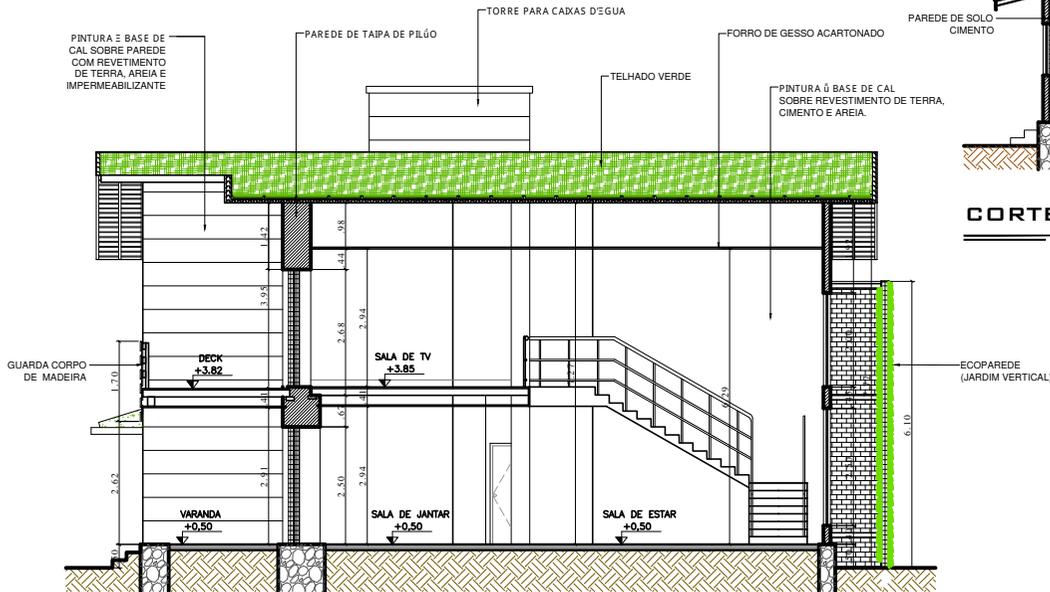
UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO		
TRABALHO FINAL DE GRADUAÇÃO		
ARQUITETURA E URBANISMO		ALUNA: ANA PAULA L. RODRIGUES 06.132.11
PROJETO: HABITAÇÃO UNIFAMILIAR SUSTENTÁVEL		
TÍTULO: PLANTA BAIXA - PAVIMENTO TERREO - LAYOUT E COTAS		
DATA: AGOSTO/2011	MODIFICADO EM: 11.07.2011	ESCALA: 1/75
		FORMATO: A2
		NÚMERO: 03/05



CORTE AA
1/75



CORTE CC
1/75

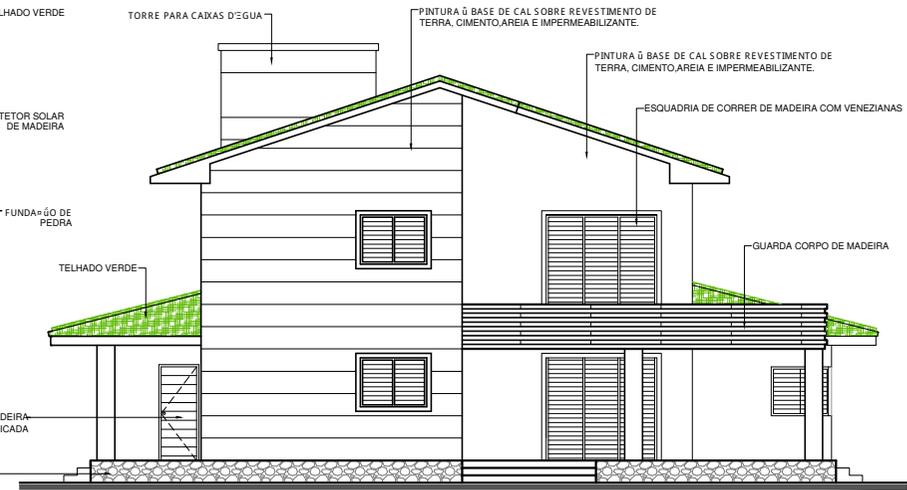


CORTE BB
1/75

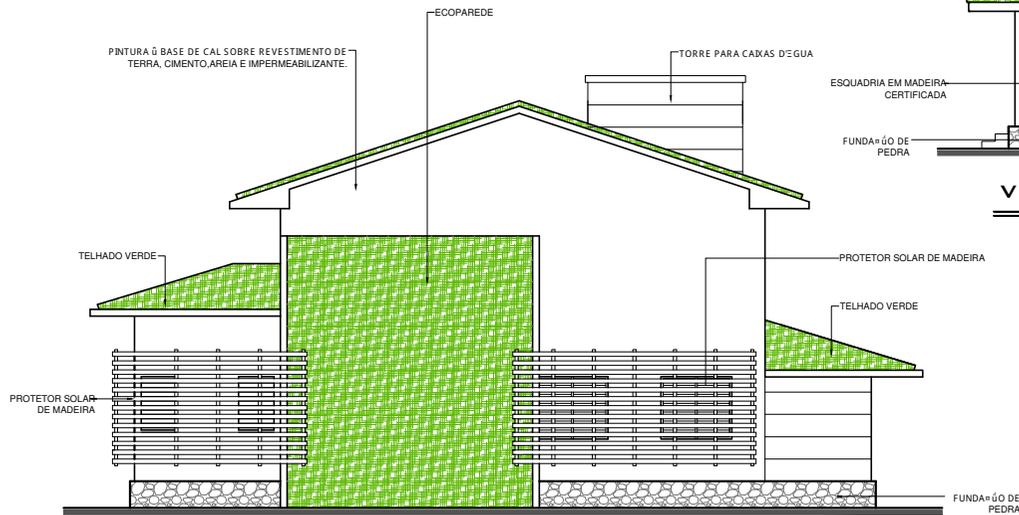
UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO			
TRABALHO FINAL DE GRADUAÇÃO ARQUITETURA E URBANISMO		ALUNA: ANA PAULA L. RODRIGUES 06.132.11	
PROJETO: HABITACÃO UNIFAMILIAR SUSTENTAVEL		ORIENTADOR: GERALDO DE MAGELA	
TÍTULO: CORTES AA, BB e CC.			
DATA: AGOSTO/2011	MODIFICADO EM: 11.07.2011	ESCALA: 1/75	FORMATO: A2
			NÚMERO: 04/05



VISTA 01
1/75



VISTA 03
1/75



VISTA 02
1/75

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO			
TRABALHO FINAL DE GRADUAÇÃO ARQUITETURA E URBANISMO			
PROJETO: HABITAÇÃO UNIFAMILIAR SUSTENTÁVEL		ORIENTADOR: GERALDO DE MAGELA	
TÍTULO: VISTAS 01, 02, 03.		NÚMERO: 05/05	
DATA: AGOSTO/2011	MODIFICADO EM: 11.07.2011	ESCALA: 1/75	FORMATO: A2