

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO CIVIL**

TIAGO MAKOTO WATANABE

**ELABORAÇÃO DE PROJETO DE HABITAÇÃO UNIFAMILIAR A
PARTIR DOS PRINCÍPIOS DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA

2013

TIAGO MAKOTO WATANABE

**ELABORAÇÃO DE PROJETO DE HABITAÇÃO UNIFAMILIAR A
PARTIR DOS PRINCÍPIOS DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção Civil, do Departamento de Construção Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. André Nagalli

CURITIBA

2013

FOLHA DE APROVAÇÃO

ELABORAÇÃO DE PROJETO DE HABITAÇÃO UNIFAMILIAR A PARTIR DOS PRINCÍPIOS DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL

Por

TIAGO MAKOTO WATANABE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, defendido e aprovado em 9 de Outubro de 2013, pela seguinte banca de avaliação:

Prof. Orientador – André Nagalli, Dr.
UTFPR

Profa. Stella M. C. Bezerra, M.Sc..
UTFPR

Prof. Vanessa R. Nahhas Scandelari, Dra.
UTFPR

Dedico este trabalho a todas as pessoas,
navegantes, habitantes deste curioso
planeta, infinitos por definição.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. André Nagalli, pela paciência e compreensão com que me guiou nesta trajetória.

Aos meus colegas de graduação, por toda convivência.

A SoloBrasil, pela cooperação, sabedoria e amizade.

Gostaria de deixar grafado também o meu reconhecimento à minha família, fundamental agora e sempre.

A todos os que por algum motivo contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

WATANABE, Tiago Makoto. **Elaboração de Projeto de Habitação Unifamiliar a partir de Princípios da Construção Sustentável**. 2013. 138p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Produção Civil - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2013)

Dentro do campo das habitações unifamiliares, a construção sustentável encontra ótimas possibilidades de aplicação, pois se tem a oportunidade de explorar toda a sua proposta fundamental em pequenos núcleos auto-organizados. Visando a aplicabilidade real das técnicas construtivas do tipo não-convencionais, desenvolveu-se estudo de caso em uma habitação unifamiliar, na qual teoria e prática habitam o mesmo espaço, cabendo à racionalidade livre a função de separar e organizar as ideias mais preponderantes. Neste estudo, desenvolveram-se discussões sobre arquitetura bioclimática, aproveitamento de água da chuva, tratamento de esgoto doméstico por zona de raízes, aquecedor solar, estrutura em *wood frame* e telhado verde. Os principais dados produzidos podem ser encontrados nos resultados da pesquisa, os quais conduzem para os apêndices, onde constam os anteprojetos elaborados. Conclui-se ser possível a real aplicabilidade das técnicas e os benefícios do contínuo desenvolvimento deste conhecimento.

Palavras-chave: Construção sustentável. Habitação unifamiliar.

ABSTRACT

WATANABE, Tiago Makoto. **Development of Single-family Housing Design from the Principles of Sustainable Construction**. 2013. 138p. Final Paper - Bachelor of Civil Production Engineering - Federal Technology University - Paraná. Curitiba, 2012.

Within the field of single-family housing, sustainable construction has great application possibilities, because it is possible to explore its fundamental proposal in small groups self-organized. Aiming at the real applicability of the constructive techniques of the unconventional type, it was developed design in a single family dwelling, in which theory and practice inhabit the same space, while the rationality free function to separate and organize ideas more prevalent. In this study, there are discussions of bioclimatic architecture, rainwater harvesting, domestic wastewater treatment by root zone, solar heater, woodframe structure and green roof. The main data produced can be found in the search results, which lead to the appendices, which contains the drafts prepared. As a conclusion, it is possible the real applicability of the techniques and the benefits of continuing development of this knowledge.

Keywords: Sustainable construction. Single-family housing.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Descarte de precipitação inicial.....	34
Figura 2 – Exemplo de composição de parede de estrutura em <i>Wood Frame</i>	46
Figura 3 – Carta bioclimática para o inverno em Curitiba.....	55
Figura 4 - Carta bioclimática para o verão em Curitiba	55
Figura 5 – Carta solar para Curitiba, na latitude 25,51°S	56
Figura 6 – Casa com estrutura em <i>Wood Frame</i>	63
Figura 7 – Sistema alveolar para cobertura verde.....	78
Figura 8 – Esquema de aquecimento solar	91
Figura 9 – Composição de uma ETE por zona de raízes.....	95
Fotografia 1 – Filtro auto-limpante para materiais grosseiros.....	32
Fotografia 2 – Tratamento ETE por zona de raízes	36
Fotografia 3 – Painel solar de baixo custo	40
Fotografia 4 – Aerogerador residencial	41
Fotografia 5 – Exemplo de aplicação de telhado-verde	51
Gráfico 1 - Comparativo entre tipos de paredes quanto à transmitância térmica	80
Gráfico 2 - Comparativo entre tipos de paredes quanto à capacidade térmica	81
Gráfico 3 – Comparativo entre tipos de paredes quanto ao atraso térmico	84
Quadro 1 – Comparativo entre placas fotovoltaicas.....	38
Quadro 2 – Comparativo entre aerogeradores quanto à potência e aplicação	41
Quadro 3 – Comparativo entre sistemas de telhado-verde	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dados climáticos relevantes para a cidade de Curitiba	60
Tabela 2 – Dados climatológicos para a cidade de Curitiba.....	65
Tabela 3 – Diagnósticos (Quadro 2 do método de Mahoney)	66
Tabela 4 – Indicadores (Quadro 3 do método de Mahoney)	67
Tabela 5 – Total dos indicadores U1, U2, U3, A1, A2 e A3.....	68
Tabela 6 – Parâmetros GR, Limites de conforto e indicadores do método de Mahoney.....	68
Tabela 7 - Tabela auxiliar de limites de conforto	69
Tabela 8 – Recomendações de Projeto Arquitetônico (Quadro 5 do método de Mahoney)	70
Tabela 9 – Quantidade de chapas do tipo naval	74
Tabela 10 – Quantidade de chapas OSB (paredes internas)	75
Tabela 11 – Orçamento das chapas fixadas nas paredes internas e externas	76
Tabela 12 – Resistência e transmitância térmicas de parede dupla de compensado com câmara de ar	78
Tabela 13 - Resistência e transmitância térmicas de parede dupla de compensado com preenchimento de lã de rocha	79
Tabela 14 - Resistência e transmitância térmicas de parede de alvenaria convencional	79
Tabela 15 - Capacidade térmica de parede dupla de compensado com câmara de ar	80
Tabela 16 - Capacidade térmica de parede dupla de compensado com lã de rocha	80
Tabela 17 - Capacidade térmica de parede de alvenaria convencional	81
Tabela 18 - Atraso térmico de parede dupla de compensado com câmara de ar (dados dos materiais).....	82
Tabela 19 - Atraso térmico de parede dupla de compensado com câmara de ar	82
Tabela 20 - Atraso térmico de parede dupla de compensado com lã de rocha (dados dos materiais).....	82
Tabela 21 - Atraso térmico de parede dupla de compensado com lã de rocha	82
Tabela 22 - Atraso térmico de parede de alvenaria convencional (dados dos materiais).....	83
Tabela 23 - Atraso térmico de parede de alvenaria convencional.....	83
Tabela 24 – Dados de demanda interna e externa de água de aproveitamento de chuva.....	84
Tabela 25 – Cálculo do volume a ser armazenado (litros/dia) para padrão médio de consumo.....	85
Tabela 26 - Cálculo do volume a ser armazenado (litros/dia) para padrão mínimo de consumo.....	85
Tabela 27 – Cálculo de volume do reservatório de água de chuva pelo método de Rippl	86

Tabela 28 - Cálculo de volume do reservatório de água de chuva pelo método prático inglês	87
Tabela 29 – Dimensionamento de aquecedor solar	89
Tabela 30 – Orçamento de materiais para confecção de coletor solar de baixo custo com capacidade para 500 litros.....	91
Tabela 31 – Parâmetros iniciais de dimensionamento de fossa séptica	92
Tabela 32 – Contribuição de esgoto e de lodo fresco	93
Tabela 33 – Período de retenção dos despejos, por faixa de contribuição diária.....	93
Tabela 34 – Taxa de acumulação total de lodo.....	94
Tabela 35 – Profundidades úteis mínima e máxima.....	94

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÔNIMOS

LISTA DE ABREVIATURAS

RCD	Resíduos de Construção e Demolição
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
OSB	<i>Oriented Stran Board</i>

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BIPV	Building-integrated Photovoltaics
CaGBC	Canada Green Building Council
CDMAALC	Latin America and Caribbean Commission on Development and Environment
CNUMAD	Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento
GBC	Green Building Council
GBCA	Green Building Council Australia
CBCS	Conselho Brasileiro de Construção Sustentável
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDHEA	Instituto para o Desenvolvimento da Habitação Ecológica
IEHAM	Instituto de Estudios del Hambre
JSBC	Japan Sustainable Building Consortium
PCH	Pequenas Centrais Hidrelétricas
SIN	Sistema Elétrico Integrado Nacional

LISTA DE ACRÔNIMOS

ABEAMA	Associação de Energias Renováveis e Meio Ambiente
ABRAVA	Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento
ANAB	Associação Nacional de Arquitetura Bioecológica
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica

ASBEA	Associação Brasileira de Escritórios de Arquitetura
CIB	Conselho Internacional para a Pesquisa e Inovação em Construção
IEA	Agência Internacional de Energia
IPEC	Instituto de Permacultura e Ecovilas do Cerrado
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
ONG	Organização não-governamental
PROINFA	Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica
SINDUSCON	Sindicato da Indústria da Construção Civil

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
1.1 OBJETIVOS.....	17
1.2 JUSTIFICATIVA.....	17
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	19
2.1 BREVE HISTÓRICO DA SUSTENTABILIDADE.....	19
2.1.1 Desenvolvimento Sustentável.....	19
2.1.1.1 Enfoque ambiental	20
2.1.1.1.1 <i>Impactos da construção civil.....</i>	<i>21</i>
2.2 CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS.....	23
2.2.1 Conceitos Básicos da Edificação Sustentável	25
2.2.2 Técnicas da Construção Sustentável em Habitação Unifamiliar.....	27
2.2.2.1 Abastecimento de água sem fins-potáveis por meio da coleta de águas pluviais28	
2.2.2.1.1 <i>Método de Rippl.....</i>	<i>32</i>
2.2.2.1.2 <i>Método prático inglês – NBR 15527:2007 - água de chuva - aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – requisitos</i>	<i>33</i>
2.2.2.1.3 <i>Cálculo do reservatório de descarte da precipitação inicial</i>	<i>33</i>
2.2.2.2 Tratamento de esgoto doméstico por zona de raízes	34
2.2.2.3 Gerenciamento de energias renováveis.....	37
2.2.2.3.1 <i>Energia solar.....</i>	<i>37</i>
2.2.2.3.2 <i>Energia eólica</i>	<i>40</i>
2.2.2.4 Gerenciamento de resíduos sólidos.....	42
2.2.2.4.1 <i>Compostagem doméstica</i>	<i>42</i>
2.2.2.4.2 <i>Resíduos da construção civil</i>	<i>43</i>
2.2.2.5 Arquitetura bioclimática.....	44
2.2.2.5.1 <i>Wood frame</i>	<i>45</i>
2.2.2.5.2 <i>Telhados verdes</i>	<i>46</i>
2.2.3 Fatores Climáticos	51
2.2.3.1 Carta bioclimática.....	52
2.2.3.1.1 <i>Estratégias bioclimáticas para Curitiba.....</i>	<i>54</i>
2.2.3.2 Carta solar	55
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	57
3.1 ESTUDO DE CASO.....	58
3.1.1 Descrição da Residência Unifamiliar	59
3.2 RECOMENDAÇÕES PARA PROJETO ARQUITETÔNICO	59
3.3 MODELO ESTRUTURAL.....	62
3.4 APROVEITAMENTO DE ÁGUAS DE CHUVA.....	63
3.5 TRATAMENTO DE ESGOTO POR ZONA DE RAÍZES.....	63
3.6 AQUECIMENTO SOLAR DE ÁGUA POTÁVEL.....	64

3.7 TELHADO VERDE.....	64
4 ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	65
4.1 APLICAÇÃO DO MÉTODO DE MAHONEY	65
4.2 INFRAESTRUTURA	72
4.3 ESTRUTURA EM <i>WOODFRAME</i>	73
4.3.1 Paredes	73
4.3.1.1 Montantes de madeira de reflorestamento.....	73
4.3.1.2 Chapas de OSB das paredes externas e internas	74
4.3.2 Pisos	76
4.3.3 Instalações Elétricas e Hidráulicas	77
4.3.4 Revestimentos	77
4.3.5 Cobertura e Telhado	77
4.4 ANÁLISE DE DESEMPENHO TÉRMICO DAS PAREDES SEGUNDO A NBR 15220:2003 - DESEMPENHO TÉRMICO EM EDIFICAÇÕES.....	78
4.4.1 Resistência Térmica e Transmitância Térmica	78
4.4.2 Capacidade Térmica e Atraso Térmico.....	80
4.5 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS	84
4.5.1 Dimensionamento do Reservatório de Água Pluvial	84
4.5.1.1 Método de Rippl.....	86
4.5.1.2 Método Prático Inglês – NBR 15527:2007 - Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos	87
4.5.2 Dimensionamento do Reservatório de Descarte de Precipitação Inicial.....	87
4.5.3 Memorial Descritivo do Sistema para Uso e Conservação da Água nas Edificações conforme Decreto 293/2006.....	87
4.6 DIMENSIONAMENTO DE SISTEMA DE AQUECIMENTO SOLAR	89
4.6.1 Orçamento de Materiais para Confecção do Coletor Solar para Sistema de Aquecimento Solar de Baixo Custo.....	91
4.7 DIMENSIONAMENTO DE SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTO POR ZONA DE RAÍZES	92
4.7.1 Dimensionamento de Tanque Séptico - NBR 7229:1993 – Projeto, Construção e Operação de Sistemas de Tanques Sépticos	92
4.7.2 Dimensionamento de Sistema de Tratamento de Esgoto por Zona de Raízes	94
4.8 PROJETO DE TELHADO VERDE	96
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	97
5.1 CONCLUSÕES.....	97
5.2 SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS	98
REFERÊNCIAS.....	99
APÊNDICE A - Projeto Arquitetônico – Modelagem 3D (Sketchup).....	105
APÊNDICE B - Prancha 1 – PLANTA BAIXA	107
APÊNDICE C - Prancha 2 - MÓDULOS	109
APÊNDICE D - Prancha 3 – ESQUEMA DE MONTAGEM DAS CHAPAS	111

APÊNDICE E - Prancha 4 – ELEVAÇÃO LATERAL DIREITA E PLANTA BAIXA	
113	
APÊNDICE F - Prancha 5 – PLANTA DE COBERTURA.....	115
APÊNDICE G - Prancha 6 – VISTA SUPERIOR – TELHADO-VERDE.....	117
APÊNDICE H - Prancha 7 – CORTE – TELHADO-VERDE.....	119
APÊNDICE I - Prancha 8 – ELEVAÇÃO LATERAL DIREITA	121
APÊNDICE J - Prancha 9 – MÓDULOS – QUARTO DE SOLTEIRO	123
APÊNDICE K - Prancha 10 – MÓDULOS – QUARTO DE CASAL	125
APÊNDICE L - Prancha 11 – MÓDULOS – SALA DE ESTAR, COZINHA E BWC	
127	
APÊNDICE M - Prancha 12 – FUNDAÇÃO E PISO.....	129
APÊNDICE N - Prancha 13 - ESQUEMA DO SISTEMA HIDROSSANITÁRIO.....	131
APÊNDICE O - Prancha 14 – PLANTA BAIXA TIPO B, PLANTA BAIXA TIPO C E	
MÓDULOS TIPO C	133
APÊNDICE P - ETE por zona de raízes (vista anterior).....	135
APÊNDICE Q - ETE por zona de raízes (vista posterior).....	137

1 INTRODUÇÃO

Diferentemente das sedimentadas concepções provenientes do desconhecimento acerca da fundamental integração entre homem e natureza, a construção sustentável tem em sua essência o estudo aprofundado das técnicas que aprimoram o modo de conviver em harmonia com o provedor de toda vida no planeta.

Dogmas aparentemente apoiados pelo conhecimento científico criam objeções aos pensamentos desalinhados com o pretensioso desenvolvimento tecnológico e econômico das nações de ponta. A estagnação da curiosidade e sensibilidade naturais a todo e qualquer ser humano inevitavelmente promove a propagação das mesmas simplificações de modelos da realidade, tornando a pesquisa sinceramente inovadora e o desenvolvimento do senso comunitário e humano distantes dos pensamentos acadêmicos.

Ao longo deste trabalho de conclusão de curso, teoria e prática habitam o mesmo espaço, cabendo a racionalidade livre a função de separar e organizar as ideias mais preponderantes. Dentro do campo das habitações unifamiliares, a construção sustentável encontra seu estado da arte, pois se tem a oportunidade de explorar toda a sua proposta fundamental em pequenos núcleos auto-organizados. Visando a aplicabilidade real das técnicas construtivas do tipo não convencionais, desenvolveu-se estudo de caso na Região Metropolitana de Curitiba, em uma habitação unifamiliar.

A estrutura deste trabalho de conclusão de curso baseia-se, primeiramente, na priorização do entendimento claro dos objetivos gerais definidos e em seguida na abordagem profunda e ao mesmo tempo sintética dos assuntos delimitados para pesquisa. Devidamente embasadas pela teoria aplicada, técnicas da construção sustentável são apresentadas como verdadeiras extensões do modo de vida visado pela sustentabilidade.

Entende-se que o desenvolvimento social e econômico deve ser disponibilizado de maneira justa e digna para todos e, portanto, os esforços de inovação tecnológica precisam estar direcionados para a melhoria da qualidade de vida das pessoas. Logo, a discussão dos resultados passa pela comparação entre métodos construtivos convencionais e os propostos neste trabalho, levando-se em

consideração aspectos de eficiência e principalmente integração com o meio ambiente, incluindo neste termo as relações sociais e culturais.

Sabe-se da responsabilidade em abordar um assunto tão em pauta e facilmente debatido por leigos e especialistas de toda sorte de interesses. Mesmo correndo o risco de apresentar uma pesquisa a qual as forças de mercado não creditem nenhuma utilidade e se mostrem desinteressadas em aplicá-las, aceita-se neste breve relato sobre o mundo o desafio de tomar uma doce e revigorante dose de conhecimento despido de orgulho e crenças seculares.

1.1 OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho é elaborar o projeto de uma habitação familiar aplicando as técnicas da construção sustentável.

Para tal, os objetivos específicos são:

- Abordar o conceito de sustentabilidade no âmbito das construções, discutindo e revelando práticas associadas aos novos valores de uma sociedade desenvolvida e promover planos de integração ao meio ambiente;
- Eleger técnicas sustentáveis para aplicação a estudo de caso;
- Discutir a eficiência dos dispositivos adotados

1.2 JUSTIFICATIVA

Em meio à diversidade de interesses que permeiam a introdução das ideias e soluções sustentáveis a praticamente todos os setores da economia, a maior parte dos discursos se mostram inconsistentes, tomando para si responsabilidades inexistentes, revelando ao mundo a insensatez do mundo mercadológico.

Entender a sustentabilidade é principalmente aplicá-la, de preferência, integralmente. Se antigamente, aficionada pelas incríveis evoluções tecnológicas e pela disputa por poder, a humanidade era incapaz de considerar a hipótese de que também estava destruindo sua essencial fonte de vida, hoje, pode-se, pelo menos, debater.

Diante dos alarmantes dados sobre alterações do clima global, desequilíbrio de todos os ecossistemas, desmatamento descontrolado, poluição das águas e todas as outras perdas de biodiversidade e recursos naturais, compreende-se que não é possível vivenciar os conceitos sustentáveis apenas teorizando, apesar de serem indispensáveis a pesquisa e a reflexão. Entende-se que devam prosseguir juntos: teoria e prática.

Comprar as mesmas coisas, assistir ao mesmo filme, vestir as mesmas roupas, almoçar as mesmas comidas nos mesmos restaurantes, ou pagar com o mesmo cartão, não moldam nenhuma verdadeira comunidade. A ideia de comunidade está além de pessoas simplesmente habitando a mesma região. E é por isso, que sustentabilidade é acima de tudo uma evolução social e sua dimensão, moral.

Ao trazer o olhar crítico para as atividades da construção civil, teme-se que apenas um planeta Terra não seja o suficiente. Como uma das maiores causadoras de danos ao meio ambiente, a engenharia civil e áreas correlatas certamente carecem de uma perspectiva menos destrutiva de impor seu desenvolvimento.

De maneira geral, as habitações unifamiliares possuem potencial para usufruir das técnicas sustentáveis de construção, aprimorando a relação entre novas concepções arquitetônicas e integração com o meio ambiente. Nessa direção, os estudos sobre aproveitamento e gerenciamento de recursos naturais necessários trazem consigo a importante missão de dar base sólida para as soluções sustentáveis, inclusive para a construção civil.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 BREVE HISTÓRICO DA SUSTENTABILIDADE

Na década de 70, questionamentos e manifestações sociais e ecológicas rumavam para a percepção do conflito crescente entre o modelo destrutivo de desenvolvimento econômico proposto e imposto pelas sociedades de base consumista e a finita capacidade do planeta em disponibilizar os recursos necessários para manter os processos do sistema de frivolidades e lucros à todo custo. Sustentabilidade seria fruto de um movimento histórico recente que passa a questionar a sociedade industrial como modo de desenvolvimento (ROSA, 2007).

Diniz da Silva (2009) explica que o interesse por sustentabilidade se originou durante a década de 1980, a partir da conscientização dos países em descobrir formas de promover o crescimento sem destruir o meio ambiente, nem sacrificar o bem-estar das futuras gerações.

Porém, em sua verdadeira essência, a sustentabilidade é um conceito sistêmico bem mais profundo, o qual propõe a reconfiguração da civilização e atividades humanas em todas as suas dimensões. Há necessidade de encontrar mecanismos de interação nas sociedades humanas que ocorram em relação harmoniosa com a natureza. “Numa sociedade sustentável, o progresso é medido pela qualidade de vida (saúde, longevidade, maturidade psicológica, educação, ambiente limpo, espírito comunitário e lazer criativo) ao invés de puro consumo material” (FERREIRA, 2005).

2.1.1 Desenvolvimento Sustentável

Para Melo (2006) é necessário propor uma mudança qualitativa nas relações que permeiam a tríade indivíduo-sociedade-natureza, uma revolução na forma de se pensar e conceber o mundo. De acordo com sua perspectiva, a discussão sobre desenvolvimento sustentável deve se dar primeiramente no reconhecimento da insustentabilidade do próprio sistema, o que é bastante incomum. Montibeller-Filho (2008) compartilha da mesma visão, pois, segundo ele, a problemática ambiental poderá ser amenizada, mas não resolvida no atual modo de produção visto que os

custos sociais e ambientais fazem parte do moderno sistema produtor de mercadorias. Assim acaba sendo impossível deixar de gerar estes custos já que para isto terá que se abrir mão daquilo que é motor fundamental, o lucro e a acumulação do capital.

Para compreender a dimensão do conceito sustentável de desenvolvimento é necessário estudar cada estrutura social e suas instituições, bem como todo processo histórico de formação da atual sociedade ocidental contemporânea. Apesar dos constantes discursos a favor da mudança de consciência, observam-se barreiras para mudanças comportamentos que, em muitos casos, necessitam desapego e determinação.

Clark (1989) defende que as características dos atuais modelos de sociedade e de educação demonstram que eles têm sido desproporcionalmente governados por princípios instrumentais, mecânicos e competitivos. Esse ambiente conjuntural tanto reduz as possibilidades da reflexividade e da criatividade prosperarem no meio social quanto dá sinais de que estamos no pico de uma onda de mutação que pode ser bem ou mal aproveitada.

2.1.1.1 Enfoque ambiental

Muitas sociedades humanas, que se tornaram hegemônicas em diferentes épocas históricas, buscaram acumular riquezas para sustentar as necessidades e desejos humanos. Esse acúmulo de riquezas se processou a partir da utilização dos recursos ambientais que possuíssem valoração para a sociedade que estivesse no poder (PEDRINI, 1998).

Porém, em uma nova visão da relação homem com o meio ambiente fica claro que além do limite mínimo para o bem-estar da sociedade existe também um limite máximo para a utilização dos recursos naturais de modo que sejam estes preservados e perpetuados. Os impactos das modernas atividades humanas sobre a harmonia dos ecossistemas e os resultados nocivos da expansão da visão exploratória de conceber o meio ambiente são objeto de estudos de cientistas e pensadores.

Para Gerhardt e Almeida (2011) apesar da problemática ambiental parecer inédita, ela é antiga e recorrente na espécie humana. A diferença primordial

existente é que hoje ela está nas pautas das discussões mundiais como nunca antes e por isso acaba tendo sentido falar em invenção da problemática ambiental no atual momento, pois é alvo de reflexão. São confrontados discursos e ações no sentido de encontrar as soluções mais adequadas para dar conta deste entrave contemporâneo.

2.1.1.1.1 Impactos da construção civil

No Brasil, segundo Schenini, Bagnati e Cardoso (2004), a inexistência de uma consciência ecológica na indústria da construção civil resultou em danos ambientais irreparáveis, que foram agravados pelo maciço processo de migração ocorrido na segunda metade do século passado, que ocasionou uma enorme demanda por novas habitações.

A construção civil em toda a sua cadeia de produção ocasiona vários prejuízos ambientais, pois ainda perduram a consciência puramente extrativista e a desconsideração dos reais impactos ambientais desta indústria. Ao longo do tempo, definiu-se como modelo a utilização de determinadas tecnologias que vêm se mostrando altamente danosas ao meio ambiente. O setor da construção civil precisa agora urgentemente de novas técnicas apropriadas para os fins desejados e que ainda privilegie a integração com o meio ambiente.

Atualmente, sabe-se que a construção civil utiliza consideráveis quantidades de matéria-prima não renovável e é um dos grandes consumidores de energia (SJÖSTRÖM, 1996). Tais impactos acabam provocando a formação de áreas degradadas que ocorrem em três etapas do processo construtivo: na aquisição de materiais, considerando a retirada de matéria-prima natural e a fabricação de produtos e materiais de construção, na etapa de execução das obras civis propriamente dita, e na fase de disposição final dos resíduos gerados pela construção (SCHENINI; BAGNATI; CARDOSO, 2004).

Quando se avaliam os danos determinados pela atividade construtiva, estes são normalmente classificados quanto a:

- Gradativo esgotamento de matérias-primas;
- Dano ecológico causado pela extração destes materiais;

- Consumo de energia em todos os estágios de produção (incluindo transporte);
- Consumo de água;
- Poluição por ruídos e odores; emissões danosas, entre as quais aquelas diretamente relacionadas à redução da camada de ozônio;
- Aquecimento global e chuvas ácidas;
- Aspectos relativos à saúde humana;
- Risco de desastres;
- Durabilidade e manutenção; e
- Reúso e desperdícios (SATTLER, 2006).

Outro fator que acaba provocando áreas degradadas é a disposição dos resíduos gerados durante a execução das obras. Estes resíduos, se dispostos de maneira inadequada devido à falta de efetividade ou à inexistência de políticas públicas que orientem e disciplinem a sua destinação no meio urbano, juntamente com o descompromisso dos geradores no manejo e, principalmente, na destinação dos resíduos, têm como consequência os impactos ambientais como:

- A degradação das áreas de manancial e de proteção permanente;
- A proliferação de agentes transmissores de doenças;
- O assoreamento de rios e córregos;
- A obstrução dos sistemas de drenagem, tais como “piscinões”, galerias, sarjetas;
- A ocupação de vias e logradouros públicos por resíduos, com prejuízo à circulação de pessoas e veículos;
- A degradação da paisagem urbana;
- O acúmulo de resíduos que podem gerar risco por sua periculosidade (Sinduscon-SP, 2005).

A abrangência das construções ditas sustentáveis é cada vez maior à medida que se aumentam as expectativas sobre o papel fundamental transformador das ações que tomam como ponto de partida a preservação do meio ambiente. Esta preocupação não é à toa: comprovadamente o modelo atual de construção civil está entre os maiores "inimigos" do equilíbrio natural, seja qual for a região ou tipo de empreendimento.

2.2 CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS

As construções sustentáveis devem se adaptar ao meio ambiente e causar o menor impacto possível. Entretanto, no desenvolvimento da engenharia construtiva, técnicas que privilegiavam o aproveitamento passivo de fatores naturais como luz, calor, ventilação, entre outros, foram abandonados com o advento de novas tecnologias. Por exemplo, o aparelho de ar condicionado fez com que as janelas fossem todas fechadas.

O arquiteto Gernot Minke (MINKE, 2005), um dos maiores porta-vozes das técnicas sustentáveis na construção civil, dirige o Laboratório de Construções Experimentais da Universidade de Kassel, na Alemanha, com décadas de pesquisa e resultados excelentes nas perspectivas ecológica e cultural. Segundo o professor, é possível expandir o entendimento de construções sustentáveis por meio da bioarquitetura e suas técnicas, que utilizam materiais naturais e conhecimentos sobre o aproveitamento passivo dos recursos naturais para conceber uma construção. Pode-se com isso diminuir a dependência em relação aos produtos e processos industrializados e às técnicas convencionais, considerados por ele inviáveis do ponto de vista da sustentabilidade.

A concepção de uma construção sustentável é cercada de inúmeras preocupações, ligadas a diferentes aspectos da mesma realidade. Por exemplo, as construções habitacionais unifamiliares são envolvidas, desde a etapa da intenção de concebê-la até a completa existência e funcionamento e ocupação plenos, por aspectos econômicos, sociais, tecnológicos, ambientais e culturais. Entretanto, sabe-se de antemão que em meio a todo processo de construção de uma habitação unifamiliar com enfoque sustentável, deve-se priorizar a preservação dos recursos naturais e seu correto aproveitamento e principalmente a reintegração do homem ao meio ambiente.

Toda construção precisa de adequado planejamento e isso se torna ainda mais evidente quando se nota que é necessário um detalhamento do que deve ser feito em cada fase da obra. Para determinar os aspectos e impactos ambientais e como estes itens devem ser trabalhados para que se caminhe para um empreendimento sustentável, todos os processos precisam passar por rigorosa análise. Estudos preliminares, que incluem o estudo de técnicas construtivas, estudo

de legislações, estudo das condições naturais e entorno podem fornecer as primeiras informações.

De acordo com Ding (2007) apud Felix (2008), confiar no planejamento de projeto para alcançar os objetivos da construção sustentável ou para minimizar os impactos através de uma gestão adequada no local não é o suficiente para lidar com o problema atual. Segundo o autor, pouca ou nenhuma importância tem sido dada para selecionar os projetos mais respeitadores do meio ambiente durante a fase de avaliação do projeto, o estágio em que as questões ambientais são melhor incorporadas.

O Conselho Internacional para a Pesquisa e Inovação em Construção (CIB) define construção sustentável como “o processo holístico para restabelecer e manter a harmonia entre o ambiente natural e o construído e criar estabelecimentos que confirmem a dignidade humana e estimulem a igualdade econômica” (CIB, 2002). Neste sentido, empreendimentos residenciais, comerciais e industriais, obras de infraestruturas para transportes, comunicação, suprimento de água, esgoto e energia propõem desafios que se relacionam com a emergência da conscientização sobre o papel da humanidade no mundo.

De acordo com Conte e Monno (2011), o surgimento de uma multiplicidade de sistemas de avaliação da construção sustentável e ferramentas é um dos resultados de um intenso e constante diálogo. Esta situação foi determinada pela necessidade de ter a ferramenta adaptada para o país que a utiliza, ou seja, alguns países utilizam interpretação dos sistemas pioneiros e outros estão desenvolvendo seus próprios sistemas nacionais.

Para Mwasha *et al.* (2011), uma boa ferramenta de avaliação deve ser analisada de acordo com o potencial de sua aplicação: em outras palavras, deve ser concebida de acordo com o local e a situação regional do sistema de orientação para a implementação de estratégias que incorporem o adequado desempenho energético.

Em muitos países é possível encontrar conselhos para o desenvolvimento dos conceitos da construção sustentável, que orientam e discutem os padrões a serem seguidos em cada lugar, como por exemplo, o USGBC (*United States Green Building Council*), CaGBC (*Canada Green Building Council*), GBCA (*Green Building Council Australia*), (JSBC) *Japan Sustainable Building Consortium*. No caso do Brasil, foi criado em agosto de 2007 o CBCS (Conselho Brasileiro de Construção

Sustentável), formado por acadêmicos, pessoas ligadas às áreas social e financeira, construtores e representantes de organizações não-governamentais.

Ao redor do mundo, há casos como o do arquiteto Johan van Lengen, cujo livro *Manual do Arquiteto Descalço* (LENGEN, 2008) ensina a planejar e construir habitações, bairros, banheiros secos e uma variedade de outras técnicas. Ao longo do livro, o autor mostra que técnicas populares antigas chegam ao século XXI apontando caminhos para a sustentabilidade.

Por um longo período, a inovação das práticas de construção para sustentabilidade tem evoluído a partir de um confronto contínuo e colisão entre os interesses dos diferentes atores, valores e suas contraditórias e certezas conflitantes relativos tanto à ideia de sustentabilidade e quanto à inovação tecnológica (GUY; FARMER, 2001). Permanecem ainda discussões acerca da melhoria da qualidade dos ambientes internos das construções sustentáveis em comparação com as construções convencionais. De acordo com estudo de Warren e Taylor (2007), as percepções de conforto e satisfação dos ocupantes de uma construção sustentável medidas nos termos de estética, serenidade, iluminação, acústica, ventilação, temperatura e umidade são parecidas em relação a uma construção com gerenciamento tradicional de energia.

2.2.1 Conceitos Básicos da Edificação Sustentável

De acordo com o grupo de trabalho de sustentabilidade da Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura – ASBEA (*Recomendações básicas de sustentabilidade para projetos de arquitetura*, 2007), é necessário que se conheça alguns conceitos básicos que devem nortear a elaboração de um projeto de arquitetura na busca de melhores condições de sustentabilidade. Neste texto são eleitos os pontos entendidos como básicos na conceituação do que é uma obra sustentável, bem como os procedimentos mais imediatos que levarão a uma ação em prol da redução do impacto ambiental causado pelas obras civis:

1) A sustentabilidade não é um objetivo a ser alcançado, não é uma situação estanque, mas sim um processo, um caminho a ser seguido. Advém daí que a expressão mais correta a ser utilizada é um projeto “mais” sustentável. Todo o trabalho nesta área é feito a partir de intenções que são renovadas continua e

progressivamente. Intenções estas genuínas, que devem estar verdadeiramente compromissadas com os valores do cliente, a saber, o contratante, o usuário e a comunidade onde a obra esta inserida. Conhecer os valores do cliente e entender que projeto é o exercício de intenções e decisões resultam em uma obra mais sustentável. É esta a demanda da sociedade atual.

2) A sustentabilidade é baseada em três aspectos: o ambiental, o econômico e o social, que devem coexistir em equilíbrio. Como estes aspectos representam variáveis independentes, as escolhas resultantes serão diferentes em cada situação apresentada. Portanto, não existem receita nem cálculo absoluto que determine o que deve ser feito ou não para que um projeto caminhe na direção de uma maior sustentabilidade, sendo a proposta de cada projeto fruto de escolhas específicas, únicas e originais.

3) A busca pelo caminho da maior sustentabilidade cabe a todos os envolvidos no projeto e execução do ambiente edificado. É um trabalho coletivo (em rede) onde todos devem fazer sua parte, e ao mesmo tempo incentivar os demais a fazê-lo. As decisões devem ser resultado de uma ação orquestrada com os demais projetistas, gerenciadores, consultores, fornecedores, executores e usuários, na medida em que esta escolha pode condicionar ações a serem efetivadas pelos demais.

4) A certificação entra neste processo como um reconhecimento de um trabalho desenvolvido, sem, no entanto, ser sua representação fiel. Um motivo para esta dicotomia é a não existência de processo adequado às condições regionais culturais, econômicas e físicas que permitam uma real avaliação do resultado obtido pelo esforço de tornar uma edificação mais sustentável. Os critérios de certificação, portanto, devem ser utilizados como referências auxiliares, mas não determinantes na escolha de materiais e sistemas construtivos.

5) Os princípios básicos de uma construção sustentável estão ligados às questões de:

- Qualidade ambiental interna e externa
- Redução do consumo energético
- Redução dos resíduos
- Redução do consumo de água
- Aproveitamento de condições naturais locais

- Implantação e Análise do Entorno
- Reciclar, reutilizar e reduzir os resíduos sólidos
- Inovação

A relação de procedimentos aqui apresentada pretende ser uma orientação para os escritórios de arquitetura que tenham intenção de adotar a sustentabilidade como um critério de projeto, e visa demonstrar quais ações básicas podem ser importantes na busca de um resultado mais sustentável, sem onerarem significativamente o custo da obra.

Elaborar um projeto de arquitetura com melhor desempenho ambiental é projetar levando-se em conta o uso eficiente da energia, da água, de materiais certificados e renováveis, o aproveitamento de condições naturais locais, a qualidade ambiental interna e externa dos edifícios e a utilização consciente dos equipamentos e das instalações.

2.2.2 Técnicas da Construção Sustentável em Habitação Unifamiliar

Existem diversas alternativas de técnicas construtivas altamente indicadas para incorporar as ideias de sustentabilidade em uma habitação unifamiliar. São inovações multiculturais, abertas a novas configurações de conhecimento e à tolerância. Trata-se de tecnologias, muitas vezes já conhecidas, que visam à sustentabilidade na construção, mais justa e ecologicamente comprometida, podendo ser viabilizadas na prática e para facilitar a vida do usuário e tornar as habitações locais mais saudáveis e integradas.

Para Sullivan e Ward (2011), nos últimos anos pode ser visto um maior enfoque sobre o papel de construção e adaptação de casas dentro da agenda de desenvolvimento sustentável e mudança climática. Nos Estados Unidos, e na média dos países em desenvolvimento, como Brasil e México, há um reconhecimento crescente de que as aplicações generalizadas também sejam incorporadas na forma de melhorias facilmente apropriáveis e realizáveis na construção de moradias, tais como as habitações unifamiliares.

2.2.2.1 Abastecimento de água sem fins-potáveis por meio da coleta de águas pluviais

De acordo com o Plano de Implementação da Cúpula Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável (Johanesburgo, 2002), a água é fundamental para a paz e para sustentabilidade. A água é mais que um patrimônio da humanidade, é um elemento vital para todos os ecossistemas do planeta e sociedades humanas, devendo ser compartilhada com as gerações atuais e futuras que habitam as bacias hidrográficas e suas fronteiras. Devido ao descaso com a utilização deste incomensurável bem, corre-se o risco de não mais contar com este recurso na qualidade que propicia vida saudável, nem em quantidade suficiente para gerar riquezas e desenvolvimento.

É necessário eliminar a ideia de que a água é um bem infinito e que a renovação natural e o volume dos recursos hídricos por si só têm a capacidade de autodepuração. Nessa perspectiva, a educação e a participação da população são fundamentais. O senso de comprometimento das pessoas para com os recursos hídricos passa pela compreensão do papel fundamental que a água tem para todos os seres vivos, incluindo os seres humanos. Deve-se considerar a política hídrica como instrumento básico para o desenvolvimento sustentável, bem como a necessidade de tornar essa política peça central da administração ambiental (CDMAALC, 1990).

O capítulo 18 da AGENDA 21 (Programa de Ação das Nações Unidas na Cúpula da Terra), documento oficial elaborado na ECO-92 - Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (CNUMAD), cita que as atividades econômicas e sociais dependem diretamente do suprimento e da qualidade da água, sendo essencial determinar métodos que possibilitem assegurar uma oferta de água na quantidade e qualidade adequadas. Devem ser satisfeitas as necessidades hídricas para que o país alcance um desenvolvimento sustentável, e, ao mesmo tempo, devem ser preservadas as funções hidrológicas, biológicas e químicas dos ecossistemas, adaptando as atividades humanas aos limites da capacidade de absorção de seus impactos pela natureza.

O sistema de aproveitamento da água da chuva é considerado um sistema descentralizado de suprimento de água, cujo objetivo é de conservar os recursos hídricos, reduzindo o consumo de água potável (KOENIG, 2003). Esses sistemas

captam a água da chuva que cai sobre superfícies, direcionando-as a reservatórios de armazenamento para posterior utilização.

Antes do desenvolvimento dos grandes sistemas centralizados de fornecimento de água, a água da chuva era coletada através de uma infinidade de superfícies – mais comumente telhados- e armazenada em tanques no próprio local de utilização. Há muito tempo, em diversos locais ao redor do planeta, já existia a coleta e o armazenamento de águas pluviais para uso doméstico, irrigação, criação de animais e outras finalidades.

Entretanto, com o advento dos grandes sistemas centralizados de tratamento e distribuição de água, e equipamentos para perfuração de poços mais baratos e eficientes, os sistemas para coleta de água da chuva acabaram menos valorizados. Um renovado interesse na coleta de água da chuva está surgindo, principalmente pelo:

- O aumento dos custos econômicos e ambientais do fornecimento de água centralizado ou da perfuração de poços;
- Questões relativas à saúde, com respeito às fontes de água utilizadas e o tratamento de águas poluídas;
- Uma percepção da relação custo/benefício associada à confiabilidade da água da chuva.

Segundo o IEHAM – Instituto de Estudios del Hambre, aplicar as técnicas de coleta de água pluvial para utilizá-la posteriormente é um conceito simples. A precipitação da chuva é independente de qualquer sistema centralizado e desta forma a captação e utilização da água da chuva promove a autossuficiência e contribui para incentivar uma maior valorização deste recurso.

Coletar água da chuva não significa apenas conservação dos recursos hídricos, significa também conservação de energia, já que o montante de energia necessário para operar um sistema de água centralizado construído para tratar e bombear água através de uma vasta rede não é utilizado. A coleta de água da chuva também contribui para minimizar a erosão local e enchentes causadas pelo escoamento superficial de superfícies impermeabilizadas como pátios e telhados, pois parte desta água coletada é armazenada.

A qualidade da água da chuva é influenciada pelo fato de não entrar em contato com o solo que pode ser fonte de diversos poluentes que frequentemente são despejados nas águas superficiais e que podem contaminar o lençol freático. No

entanto, a qualidade da água da chuva pode ser influenciada pelo local onde ela cai, pois emissões atmosféricas industriais localizadas podem afetar sua pureza.

Entretanto, períodos prolongados de estiagem proporcionam na água de chuva escoada sobre superfícies de telhados, um aumento nos valores de parâmetros como: turbidez, cor aparente, condutividade, sólidos dissolvidos e alcalinidade. Supõe-se que este fenômeno ocorra devido ao aumento do acúmulo de matéria orgânica e outros poluentes sobre as superfícies das coberturas.

Uma vez que a chuva entra em contato com o telhado ou outra superfície de coleta, muitas impurezas como poeira, fezes de pássaros, bactérias e outros contaminantes podem ser lavados para dentro do sistema de armazenamento. No entanto, procedimentos comuns para descartar a água dos primeiros minutos de chuva, de modo a lavar a superfície coletora e limpar a atmosfera carregada de poeira, sempre são adotados como medida de precaução.

Seja qual for o tamanho do sistema de coleta de água da chuva, pode-se decompô-lo em seis componentes básicos (DUARTE, 2007):

- A. Área de captação (telhado);
- B. Calhas e tubulações, para condução ao tanque de armazenamento;
- C. Filtro como telas e/ou peneiras;
- D. Cisternas ou tanques de armazenamento;
- E. Sistemas prediais exclusivos para água de chuva, seja por gravidade ou através de bombas; e

A norma NBR 15527 Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos (ABNT, 2007), que apresenta os requisitos para aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis, aprovada em setembro de 2007, contém alguns métodos para dimensionamento de reservatório para água pluvial, são eles: Rippl, Maior período de Estiagem, Métodos empíricos (Brasileiro, Alemão e Inglês) e Simulações.

No dimensionamento do sistema de armazenamento e utilização da água da chuva é preciso considerar principalmente o volume demandado de água (vaso sanitário, gramado ou jardim, máquina de lavar roupa e lavagem de carro) de acordo com estimativas de utilização diária (litros/dia), índice pluviométrico e período de estiagem.

O cálculo da superfície de captação deve conter a área de telhado de coleta da água de chuva e os níveis de precipitação estimados para a região, considerando que uma parte inicial da água coletada deve ser descartada. Nesse tipo de técnica é imprescindível que as edificações sejam dotadas de calhas e condutores verticais para o direcionamento da água da chuva do telhado ao reservatório.

As calhas e condutores horizontais e verticais devem atender a ABNT NBR 10844 e devem ser observados o período de retorno escolhido, a vazão de projeto e a intensidade pluviométrica. O subdimensionamento desses componentes pode reduzir significativamente a eficiência de coleta, comprometendo o funcionamento de todo o sistema de aproveitamento de água de chuva. Além disso, para evitar a entrada de galhos, folhas e outros materiais grosseiros devem ser instalados dispositivos para remoção de detritos. Estes dispositivos podem ser, por exemplo, grades e telas que atendam a ABNT NBR 12213, sendo preferíveis os modelos auto-limpantes.

Para os casos em que a água da chuva é utilizada para fins potáveis, recomenda-se a realização de processos de tratamento mais completos, como a filtração em filtros de areia ou de carvão ativado. Vasudevan e Pathak (2005) recomendam sistemas simples de filtração, composto por pedregulho, carvão e areia, para comunidade de baixa renda. Após passar por um processo de filtração, a água da chuva a ser utilizada para fins potáveis deverá passar por uma etapa de desinfecção, a qual pode ser realizada de forma simples através da fervura ou da cloração, ou de forma mais sofisticada por radiação ultravioleta (FENDRICH & OLIYNIK, 2002).

Podem-se elencar 4 fatores críticos de dimensionamento de reservatório para água de chuva:

1. Regime de chuvas local: A média anual, distribuição destas durante o ano e a variação ano a ano serão decisivos no dimensionamento do reservatório. Altos índices pluviométricos e distribuições mais constantes das precipitações ao longo do ano permitem a utilização de menores volumes de reservação.
2. Área de captação: A quantidade de água que poderá ser captada é função da área disponível, sendo este um dos parâmetros necessários para calculo do reservatório.

3. Demanda: A quantidade e o tipo de demanda são fundamentais para determinar o tamanho do reservatório. Vários fatores devem ser observados: população residente, hábitos de usos e tipos de consumo aos quais será destinada a água pluvial.
4. Nível de risco aceitável: O tipo de consumo a que será destinada a água de chuva e a existência de outras fontes para suprimento deste, implicará no grau de risco aceitável ao esvaziamento do reservatório influenciando no seu dimensionamento. Por exemplo, se instalado numa área urbana, que dispões de outras fontes seguras de abastecimento o risco aceitável será bem maior que numa área onde este é a única fonte de água disponível.

Na Fotografia 1 – Filtro auto-limpante para materiais grosseiros, pode-se observar um solução simples para filtrar á água da chuva ao passar pelo condutor vertical. Neste modelo, a sujeira grosseira fica retida na tela devidamente inclinada e então é descartada pelo fluxo de água.



Fotografia 1 – Filtro auto-limpante para materiais grosseiros
Fonte: Recicloteca – Centro de informações sobre reciclagem e meio ambiente (2013)

2.2.2.1.1 Método de Rippl

Este método permite dimensionar o reservatório de água de chuva de acordo com:

1. Chuva média mensal (mm)
2. Demanda constante mensal (m³)
3. Área de captação (m²)
4. Produção mensal de chuva (m³) – Coeficiente de escoamento superficial, chuva média por mês e área de captação.

De acordo com os resultados de falta de chuva para cada mês, verifica-se o máximo valor (mês com a pior situação de chuvas) e adota-se como volume do reservatório (m³).

2.2.2.1.2 Método prático inglês – NBR 15527:2007 - água de chuva - aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – requisitos

Este método empírico depende apenas do valor numérico da precipitação média anual P, em mm, e valor numérico da área de coleta em projeção A, em m².

O volume de água aproveitável da cisterna, em litros, é igual à $V = 0,05 \times P \times A$.

2.2.2.1.3 Cálculo do reservatório de descarte da precipitação inicial

A NBR 15527:2007 - Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos (ABNT, 2007), recomenda-se a instalação no sistema de aproveitamento de água de chuva de um dispositivo para o descarte da água de escoamento inicial, com descarte de 2 mm da precipitação inicial, em geral.

O descarte da precipitação inicial pode ser feito de maneira simples e eficiente seguindo os princípios de funcionamento:

1. Por sistema de boia: Completado o volume do reservatório dedicado à eliminação de primeira chuva (com resíduos e sujeira), a entrada de água é vedada por uma bola flutuante e uma tampa em forma de cone e então toda água, teoricamente sem resíduos, agora é direcionada para o reservatório de armazenamento.
2. Por extravasão: ao se completar o volume do reservatório de primeira chuva, o mesmo extravasa, fazendo com que a água passe para o

reservatório de armazenamento. A diferença para o primeiro exemplo é a vedação, que neste caso não ocorre.

A Figura 1 – Descarte de precipitação inicial ilustra um dispositivo de eliminação das chuvas iniciais, melhorando a qualidade da água armazenada. Neste sistema, não há a vedação completa entre a água a ser descartada e água que segue para o reservatório, funcionando assim por extravasão.

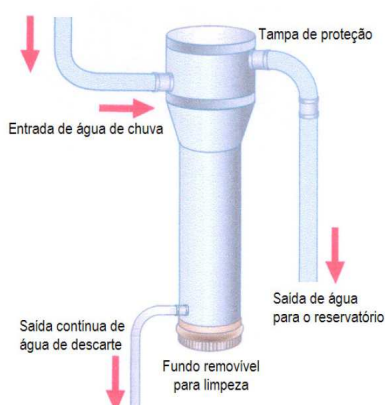


Figura 1 – Descarte de precipitação inicial
Fonte: BB1 Presencial 2 Pin (2013)

2.2.2.2 Tratamento de esgoto doméstico por zona de raízes

Segundo Ercole (2003), sistemas centralizadores convencionais de tratamento de esgotos domiciliares apresentam níveis de eficiências técnica e econômica nem sempre compatíveis com a realidade de alguns assentamentos humanos. A observação da história e da atualidade dos sistemas de tratamento e disposição dos esgotos mostra uma permanente deficiência do tratamento dos resíduos líquidos. O estudo do uso da água e do ciclo hidrológico ressalta a importância de que a intervenção humana neste ciclo se dê de forma sustentável.

O tratamento, em separado, das águas residuárias residenciais, apoia-se em vários estudos realizados nos últimos anos, em especial da microbiologia dos esgotos. Destacam-se os que apontam a separação das águas negras (descargas hídricas dos vasos sanitários) das cinzas (demais águas servidas).

O módulo de zona de raízes funciona como um filtro biológico instalado após um tanque séptico, sendo que na primeira camada filtrante prevalece teoricamente a condição aeróbia, devido às raízes das macrófitas aquáticas e à difusão de O₂ atmosférico. As duas camadas seguintes atuam sob condições anaeróbias devido à

depleção do O₂ dissolvido pela degradação biológica da matéria orgânica. O meio filtrante é composto por camadas de pedra brita e areia, além das raízes das plantas utilizadas (KAICK, 2002).

Para Van Kaick (2002), as plantas que constituem a zona de raízes devem ser plantadas sobre um filtro físico estruturado por uma camada de brita nº 2, de 50 cm de profundidade, e sobre a rede de distribuição do efluente bruto. Logo abaixo da camada de brita encontra-se outra camada do filtro, que é constituída de areia (com granulometria de média para grossa) de 40 cm de profundidade. No fundo do filtro ficam as tubulações de coleta do efluente tratado, que são conduzidos para fora da estação através da diferença de nível. Para evitar a contaminação do solo ou até mesmo do lençol freático e infiltrações indesejáveis no sistema, a ETE deve ser impermeabilizada com lona plástica resistente, ou por uma estrutura de concreto armado.

A espécie mais comumente utilizada na zona de raízes, principalmente por sua fácil adaptação, é a *Zantedeschia aethiopica*, popularmente conhecida como copo-de-leite. O copo-de-leite é uma macrófita pertencente à família da *Araceae* (angiosperma e monocotiledônea). Sua família botânica é composta por 107 gêneros e cerca de 3.000 espécies, a maioria característica de solos ricos em matéria orgânica e brejos, ou seja, ecossistemas úmidos. Essas plantas podem chegar a 1m de altura e crescem na presença de sol intenso. Suas flores são firmes e duráveis e seus frutos são do tipo baga. Elas são frequentemente usadas como plantas domésticas e como decoração de jardins. O copo-de-leite também é conhecido como lírio-do-nilo, cala-branca, jarra ou jarro (JOLY, 1979).

Outras espécies recomendadas por possuírem grande capacidade de desenvolvimento nas condições de baixa oxigenação dos solos são os juncos (*Juncus effusus*) e os bambus. Fornecendo oxigênio pela raiz, o junco ou bambu criam condições ideais para as bactérias, que se alimentam de matéria orgânica. Ao contrário dos sistemas convencionais, este método faz com que os dejetos sejam quase que completamente processados e transformados em materiais inofensivos e até mesmo úteis para o desenvolvimento das plantas.

Esta alternativa tecnológica não está contemplada em normas técnicas brasileiras, o que dificulta a uniformização dos parâmetros e critérios para seu dimensionamento. Segundo Begosso (2009), na literatura internacional, existem

diversos modelos e critérios para projetá-los, sendo que grande parte está voltada à remoção da carga orgânica.

Segundo Sezerino e Philippi (2003) estes critérios são muito variados, sendo que as faixas de aplicação no solo oscilam entre 1 a 5 m²/pessoa quando as áreas plantadas com macrófitas são usadas como tratamento secundário, precedido geralmente de decanto-digestores, como as fossas sépticas.

Segundo Van Kaick (2002), para implantar uma ETE por zona de raízes em uma habitação para 4 pessoas, os custos podem variar entre R\$ 500,00 a R\$ 1.200,00 por unidade, dependendo do material utilizado na impermeabilização do solo.

O tratamento necessário para a recuperação de águas residuais está intimamente relacionado com as especificações de aplicação de reúso associado à qualidade de água requerida. Os sistemas de tratamento envolvem a aplicação de processos de separação de misturas do tipo sólido-líquido e, também, a desinfecção. Em alguns casos, podem-se aplicar tratamentos que envolvam uma combinação de processos físicos, químicos e biológicos.

Na Fotografia 2 – Tratamento ETE por zona de raízes, há um exemplo de paisagismo elaborado sobre a estação de tratamento de esgoto. Como vegetação optou-se pelo bambu, que além de beneficiar o tratamento, ainda é de grande utilidade, inclusive como material estrutural.



Fotografia 2 – Tratamento ETE por zona de raízes
Fonte: Nijen Paisagismo e Meio Ambiente (2013)

2.2.2.3 Gerenciamento de energias renováveis

As tendências no padrão atual de consumo e de produção de energia têm se mostrado cada vez mais insustentáveis. De acordo com a Agência Internacional de Energia (IEA), se nenhuma atitude mais concreta for tomada por parte dos países, as emissões de CO₂ irão mais do que dobrar até 2050 e o aumento da demanda por petróleo irá agravar as preocupações com o suprimento de energia.

Em meio a essas perspectivas, governos e populações despertam para os desafios que surgem em torno do setor energético, com relação às questões de segurança energética e de preservação do meio ambiente. A história mostra, a exemplo dos choques do petróleo ocorridos na década de 1970, a importância estratégica da capacidade de um país gerar energia para suprir sua demanda interna. Além disso, nos últimos anos, diversos estudos têm chamado a atenção para as mudanças climáticas causadas pela grande emissão de gases poluentes na atmosfera.

Segundo Haber *et al.* (2012), energias de fluxo são energias como a eólica ou a radiação solar cuja potência é limitada, mas a quantidade de energia é ilimitada com o tempo, diferente de fontes não renováveis como o petróleo. Considerando os combustíveis fósseis que são as principais energias de ações utilizadas, o estoque é limitado à quantidade de fósseis combustíveis que podem ser extraídos.

2.2.2.3.1 Energia solar

Segundo Atlas de Energia Elétrica 3ª edição (2008) disponibilizado no site da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, quase todas as fontes de energia - hidráulica, biomassa, eólica, combustíveis fósseis e energia dos oceanos - são formas indiretas de energia solar. Disponibilizada diariamente e sem custos, a radiação solar pode ser utilizada diretamente como fonte de energia térmica, para aquecimento de fluidos e ambientes e para geração de potência mecânica ou elétrica. Pode ser ainda convertida diretamente em energia elétrica, por meio de efeitos sobre determinados materiais, entre os quais se destacam o termoelétrico e fotovoltaico. Ao contrário dos coletores para aquecimento de água ou ar, que

transformam a energia solar em energia térmica, os painéis solares geram eletricidade.

As células solares são dispostas em painéis solares. Os painéis solares geram eletricidade em corrente contínua e o potencial elétrico pode ser armazenado em baterias para o uso posterior. A corrente elétrica e potência geradas por um painel doméstico convencional não é suficiente para a maioria dos usos domésticos, mas acumulada ao longo do dia é uma fonte abundante e confiável, podendo suprir as necessidades de uma habitação sem a necessidade de recorrer a outras fontes.

A operação de sistemas fotovoltaicos não provoca qualquer tipo de poluição, pouco modifica a temperatura do seu entorno e tem uma durabilidade considerável, em torno de 20 anos. A manutenção requerida é mínima e a matéria prima para sua manufatura é o silício, o segundo mineral mais abundante da Terra. Em comparação com outras fontes de energia elétrica, os sistemas fotovoltaicos possuem um dos maiores custos do megawatt-hora (MWh) gerado.

No Quadro 1, pode-se observar os três principais tipos de materiais utilizados em placas geradoras de energia elétrica a partir da energia solar.

Células	Rendimento	Custo	Características	Obtenção
Mono-cristalinas	16 - 23%	Alto	Cristal único	Barras cilíndricas de silício monocristalino obtido em fornos especiais e serrados em bolachas com espessura de 0,4mm
			Bom rendimento	
			Cor azul homogênea	
Poli-cristalinas	11- 18%	Médio	Diferentes cristais	Lingotes de silício, por fusão de silício puro, utilizando moldes especiais e com arrefecimento lento
			Preço menor ao monocristalino	
			Diferentes tons de azul	
Silício Amorfo	8 - 13%	Baixo	Camada fina	Disposição de finas camadas de plasma de silício monocristalino sobre vidro, plástico e outros materiais
			Células finas em lâmina	
			Cor castanha homogênea	

Quadro 1 – Comparativo entre placas fotovoltaicas
Fonte: Apresentação energia solar fotovoltaica, Alves (2013)

Para sistemas solares baseados em energia, compreende-se que condições geográficas, tais como condições atmosféricas, altitude e latitude, têm um efeito determinante no desempenho do sistema. A orientação do edifício, o local de instalação (parede, telhado, ou vidros de janelas), a área de instalação, o ângulo de

inclinação e a temperatura da superfície são aspectos necessários a serem considerados quando se projeta um sistema baseado em energia solar (SHI; CHEW, 2012).

A Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento (ABRAVA, 2009) reforça que uma alternativa para diminuir o consumo de energia elétrica em aquecimento de água é popularizar o uso da energia solar para seu aquecimento. O mercado mundial de aquecedores solares começou a crescer a partir da década de 70, mas expandiu significativamente durante a década de 90. Resultou desse crescimento, um aumento substancial de aplicações, da qualidade e dos modelos disponíveis.

Para Pereira *et al.* (2006), o Brasil apresenta potencial bastante grande para a utilização do aquecimento solar, já que a irradiação incidente em qualquer região de seu território, supera os da maioria dos países da União Européia. Por aquecimento solar entende-se o aproveitamento da taxa de energia emitida pelo Sol e recebida pela Terra. Essa energia é emitida em forma de radiação, capturada por placas coletoras e transformada em energia térmica, com o objetivo de aquecer um fluido de trabalho, sendo a água o mais comumente usado.

Os sistemas de aquecimento solar são equipamentos basicamente compostos de coletores solares, reservatórios térmicos (boilers) e acessórios. O reservatório térmico e os coletores solares são interligados à rede de água fria, e quando há absorção de energia solar pelos coletores, a água é aquecida, o que provoca uma circulação que cessará quando o sistema entrar em equilíbrio térmico. Dependendo da montagem do sistema, essa circulação pode ser natural (termosifão) ou auxiliada por uma bomba (circulação forçada). O aquecimento solar utiliza uma fonte de energia gratuita, limpa e inesgotável, o que torna sua utilização ecologicamente correta.

O aproveitamento da iluminação natural e do calor para aquecimento de ambientes, denominado aquecimento solar passivo, decorre da penetração ou absorção da radiação solar nas edificações, reduzindo-se com isso as necessidades de iluminação e aquecimento. Assim, um melhor aproveitamento da radiação solar pode ser feito com auxílio de técnicas mais sofisticadas de arquitetura e construção.

Na Fotografia 3 – Painel solar de baixo custo, um exemplo de coletor solar fabricado com garrafas pet, caixas de leite e tubulação de PVC.



Fotografia 3 – Painel solar de baixo custo
Fonte: Painel solar caseiro - fórum snk-neofighters (2013)

2.2.2.3.2 *Energia eólica*

De acordo com o Atlas de Energia Elétrica 3ª edição da ANEEL - Agência Nacional de *Energia* Elétrica, denomina-se energia eólica a energia cinética contida nas massas de ar em movimento (vento). Seu aproveitamento ocorre por meio da conversão da energia cinética de translação em energia cinética de rotação, com o emprego de turbinas eólicas, também denominadas aerogeradores, para a geração de eletricidade, ou cataventos (ou moinhos), para trabalhos mecânicos como bombeamento d'água.

Assim como a energia hidráulica, a energia eólica vem sendo utilizada a serviço da humanidade e é utilizada há milhares de anos com as mesmas finalidades, a saber: bombeamento de água, moagem de grãos e outras aplicações que envolvem energia mecânica. Para geração de eletricidade, as primeiras tentativas surgiram no final do século XIX, mas somente um século depois, com a crise internacional do petróleo (década de 1970), é que houve interesse e investimentos suficientes para viabilizar o desenvolvimento e aplicação de equipamentos em escala comercial.

Segundo a ABEAMA – Associação Brasileira de Energias Renováveis e Meio Ambiente (ABEAMA, 2012), a energia dos ventos é fonte de energia renovável, limpa e disponível em muitos locais. O desenvolvimento da tecnologia deu origem às turbinas eólicas, muito utilizadas em barcos, áreas costeiras e regiões de vento constante para a geração de energia elétrica. A energia eólica ganhou popularidade justamente devido a sua capacidade de gerar energia com uma fonte renovável. Hoje, apresenta também como vantagem um custo relativamente menor que o dos sistemas fotovoltaicos.

Para Gavino (2011), no Brasil, os incentivos ao setor eólico são muito recentes, datando do início da década de 2000. O marco inicial para o setor eólico foi o PROINFA (Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica) instituído em 2004. O programa foi promovido com o objetivo de aumentar a participação das fontes eólica, de biomassa e de pequenas centrais hidrelétricas (PCH) na produção de energia elétrica para o Sistema Elétrico Interligado Nacional (SIN).

O Quadro 2, nota-se a aplicabilidade e classificação de aerogeradores. Para residências, são utilizadas os de pequeno porte com potência instalada menor ou igual a 10kW.

	Potência	Aplicação
Pequeno Porte	$(\leq 10\text{kW})$	Residências
		Fazendas
		Aplicações remotas
Intermediário	$(10 - 250 \text{ kW})$	Geração distribuída
		Sistemas híbridos
Grande porte	$(250 \text{ kW} - +2 \text{ MW})$	Fazendas eólicas
		Geração distribuída

Quadro 2 – Comparativo entre aerogeradores quanto à potência e aplicação
Fonte: Centro de referência para energia solar e eólica Sérgio de Salvo Brito (2013)

Na Fotografia 4 – Aerogerado residencial, há um exemplo de aerogerador de eixo vertical para utilização em residências.



Fotografia 4 – Aerogerador residencial
Fonte: portuguese.alibaba

2.2.2.4 Gerenciamento de resíduos sólidos

2.2.2.4.1 *Compostagem doméstica*

De acordo com o Manual da prática da compostagem doméstica (CARMO, 2012) compostagem é um processo biológico de transformação da matéria orgânica, por ação de microrganismos, num composto fertilizante natural, semelhante ao solo. Entendem-se como matéria orgânica restos de comida e resíduos verdes do jardim, horta ou quintal. Com a compostagem, podem-se aproveitar os resíduos orgânicos como o lixo doméstico e os restos de culturas (folhas, ramos, relva, cascas de frutos, etc.), evitando que sejam depositados em aterro sanitário além de produzir um fertilizante natural para o solo, denominado composto.

A composteira deve ser colocada em local de fácil acesso e pouco declive, diretamente sobre a terra para facilitar a entrada dos decompositores (microrganismos, minhocas, etc). O local deve ser protegido do vento e da luz solar direta. Além disso, é preciso lembrar que poderá precisar de espaço no entorno da composteira para depositar ramos de árvores, folhas ou outro material.

O tempo para compostagem matéria orgânica depende de diversos fatores. Se as necessidades nutricionais do material forem atendidas, se os materiais forem adicionados em pequenas dimensões, alternando camadas de materiais verdes e restos de cozinha com materiais secos, mantendo o nível ótimo de umidade e remexendo o material 1 a 2 vezes por semana, o composto poderá estar pronto em 2 a 3 meses. Se o material for adicionado continuamente, o material remexido ocasionalmente e a umidade controlada, o composto estará pronto ao fim de 3 a 6 meses.

De acordo com Silva (2007), a compostagem de resíduos orgânicos é um dos métodos mais antigos de reciclagem, na qual materiais considerados “lixo” são transformados em fertilizantes para ser utilizado em hortas e jardins.

É um processo ambientalmente seguro, já que ocorre a eliminação de patógenos e microrganismos nocivos ao homem, animais e plantas. A matéria orgânica neutraliza ainda várias toxinas e imobiliza metais pesados tais como cádmio e chumbo, diminuindo a absorção destes metais prejudiciais às plantas. Além disso, impede que o solo sofra mudanças bruscas de acidez ou alcalinidade.

A preparação do composto é uma forma controlada de imitar o processo de biodegradação da matéria orgânica que ocorre na natureza. Assim, prepará-lo de forma adequada significa proporcionar aos organismos responsáveis pela decomposição condições favoráveis de desenvolvimento e reprodução, ou seja, a pilha (amontoado) de composto deve possuir resíduos orgânicos, umidade e oxigênio em proporções propícias à biodegradação.

2.2.2.4.2 Resíduos da construção civil

Os resíduos de construção civil são gerados por demolições, obras em processo de renovação e edificações novas, em razão do desperdício de materiais resultante da característica artesanal da construção. Segundo Ângulo (2005), no Brasil, estima-se um montante de 68,5 milhões de toneladas de resíduos de construção civil produzidos por ano.

Um grande problema relacionado à construção civil é a geração de resíduos. Os resíduos de construção e demolição (RCD) ocupam grande volume para disposição final, demonstrando a falta de eficiência dos métodos construtivos usuais, como alvenaria convencional. Considerando que 13% das cidades brasileiras pesquisadas no censo de saneamento possuem aterros sanitários, 7% possuem aterros especiais e que, apenas, 5% possuem usinas de reciclagem, deve-se propor e implementar métodos de tratamento de resíduos (IBGE, 2000).

A gestão de resíduos sólidos se enquadra nas atividades de saneamento básico, pois existe a interdependência entre este, a saúde e o meio ambiente. Portanto, as ações de gerenciamento de resíduos da construção civil devem ser inter-relacionadas para contribuir com a melhoria da qualidade ambiental proporcionada a população. Além de substituir minerais não renováveis, o aproveitamento de resíduos na produção de materiais de construção evita que estes sejam despejados em locais impróprios, reduzindo o impacto ambiental da construção civil.

Em Curitiba, o Decreto Municipal nº 983, de 9 de Novembro de 2004, que regulamenta os Arts 12, 21 e 22 da Lei 7833, de 19 de dezembro de 1991, dispõe sobre a coleta, o transporte, o tratamento e a disposição final de resíduos sólidos no município.

2.2.2.5 Arquitetura bioclimática

Segundo a ANAB - Associação Nacional de Arquitetura Bioecológica, a Bioarquitetura está inserida nesta nova e ao mesmo tempo ancestral ideia de integração e sinergia entre homem e natureza, objetivando uma vida mais saudável para a humanidade e também para o planeta. A ANAB Brasil - Associação Nacional de Arquitetura Bioecológica, fundada em dezembro de 2005, é uma associação multidisciplinar de profissionais do ramo da construção sustentável com *know-how* já adquirido e aprovado internacionalmente pela ANAB - *Associazione Nazionale di Architettura Bioecologica*, uma organização pioneira na Itália, com 18 anos de experiência em promover a Arquitetura Bioecológica.

Os adeptos do conceito, surgido nos anos 1960, priorizam o uso de técnicas construtivas sustentáveis (tijolo adobe, cimento queimado ou taipa de pilão, entre outras) e matérias-primas naturais, recicláveis, de fontes renováveis e que não possam ser aproveitadas integralmente. Bambu, palhas e madeira reflorestada, ou proveniente de manejo certificado, são bastante utilizados, enquanto o alumínio, apesar de reciclável, é evitado por conta do impacto ecológico de sua fabricação.

O mundo moderno foi construído em concreto armado e aço, ambos materiais predatórios. Anteriormente as técnicas de construção utilizavam materiais em sua maioria recicláveis. Tais materiais mais sustentáveis poderão vir a substituir, em alguns casos, os materiais responsáveis por grandes impactos ambientais (COLIN, 2004). As alternativas de métodos construtivos mais rápidos e mais eficientes do ponto de vista ecológico como o *wood frame*, uma estrutura feita de perfis de madeira e placas estruturais, garantem limpeza e maior sustentabilidade para edificações.

A bioarquitetura dá preferência à mão de obra e produtos locais, pois essa é uma forma de incentivar a economia da região e minimizar a necessidade de transporte - o que reduz o custo da construção e a emissão de poluentes. Os empreendimentos são pensados para serem sustentáveis também depois de prontos. Por exemplo, adotam-se sistemas de iluminação e ventilação naturais e equipamentos de energia renovável, como painéis solares para aquecimento da

água dos chuveiros, além de sistemas de captação de água de chuva e de reúso de água.

2.2.2.5.1 *Wood frame*

Segundo a Revista *Téchne (Light Wood Frame – Construções com Estrutura Leve de Madeira, 2009)*, atualmente no Brasil, existem algumas empresas brasileiras, instaladas no sul do país interessadas na construção de casas de madeira com implantação definitiva do sistema *wood frame*.

Segundo Molina e Calil (2010), o dimensionamento de painéis estruturais em *wood frame* pode ser feito a partir dos critérios estabelecidos pela norma americana WFCM 2001 e também pelas normas europeias DIN 1052 (1998) e EUROCODE 5 Parte 2 (1997), que consideram as diversidades climáticas e sísmicas de cada região. De forma simplificada, o dimensionamento dessas estruturas considera que as paredes e pisos têm comportamentos de placa ou chapa, recebendo cargas tanto no seu plano quanto perpendicular a este.

Para o dimensionamento das peças estruturais individuais de madeira pode-se utilizar os critérios estabelecidos pela norma brasileira de madeiras NBR 7190:1997 – Projeto de estruturas de madeira (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT, 1997).

A concepção do sistema *wood frame* em ambiente industrial reduz significativamente os desperdícios, que são altamente impactantes nos sistemas de construção tradicionais. Em boa parte das casas industrializadas em *wood frame*, o único elemento moldado *in-loco* é de fundação. O ganho de produtividade, neste caso, está vinculado também à dinâmica da obra limpa e seca e a facilidade de manuseio dos elementos estruturais (frames de madeira) e de fechamento (chapas de OSB e placas cimentíceas) que demandam menos esforços dos operários (MOLINA e CALIL, 2010).

Na Figura 2, pode-se observar uma forma de sobrepor as camadas constituintes da parede externa e da interna.

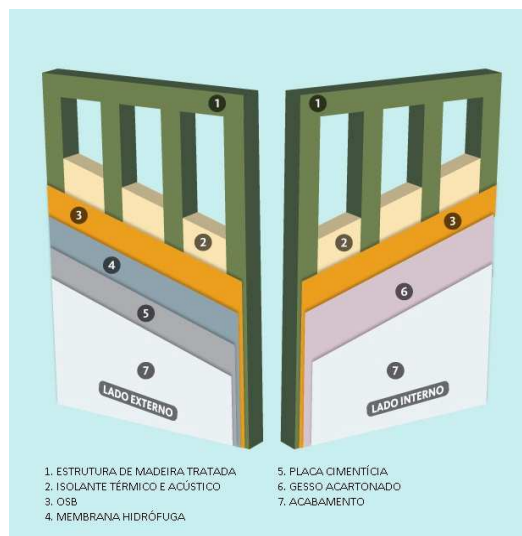


Figura 2 – Exemplo de composição de parede de estrutura em *Wood Frame*
Fonte: Tecverde Construindo com sustentabilidade (2013)

2.2.2.5.2 Telhados verdes

Segundo o IDHEA – Instituto para o Desenvolvimento da Habitação Ecológica (IDHEA, 2012), telhado verde consiste na aplicação e uso de vegetação sobre a cobertura de edificações com impermeabilização e drenagem adequadas, proporcionando melhorias nas condições de conforto termoacústico e paisagismo das edificações, reduzindo a poluição ambiental comum em grandes centros urbanos.

O IDHEA - Instituto para o Desenvolvimento da Habitação Ecológica é o primeiro centro de referência no Brasil para pesquisa, aplicação e uso de ecoprodutos e tecnologias sustentáveis fabricados industrialmente, nas áreas da Arquitetura, Construção Civil, Design, Moveleira, Química e derivados, dentre outras (IDHEA, 2012).

De acordo com documento disponibilizado no site do IDHEA (Telhado Verde, 2012), o telhado verde contempla:

- Preparo da cobertura (laje ou outros) para receber a cobertura viva
- Aplicação de duplo sistema de impermeabilização, para garantir problemas com infiltração
- Aplicação de sistema de drenagem
- Aplicação de vegetação e terra
- Aplicação de sistemas de manutenção e acesso

- Determinação das espécies vegetais mais adequadas a cada situação

Para que o ocupante não sofra as consequências de uma implantação inadequada, na forma de vazamentos e infiltrações, perda de plantas e terra pela erosão ocasionada pela chuva, dentre outros problemas, é recomendável o estudo aprofundado desta técnica construtiva.

A cobertura de telhado-verde exige cuidados principalmente em relação:

1. Peso do telhado sobre a estrutura, considerando inclusive a saturação do solo.
2. Impermeabilização meticulosa para evitar qualquer infiltração ou capilaridade.
3. Drenagem adequada para direcionar a água para a rede.
4. Seleção criteriosa das espécies plantadas.

Os telhados verdes são estruturas que se caracterizam pela aplicação de cobertura vegetal nas edificações. De acordo com o livro *The Green Roof Plants Manual* (SNODGRASS, 2013), existem basicamente dois tipos de cobertura verde:

1. As coberturas extensivas são mais simples e resistentes, além de implicarem baixo custo de manutenção e de menor sobrecarga sobre a estrutura das edificações. Esse tipo de cobertura é mais indicado para grandes áreas em que a vegetação se desenvolve espontaneamente. Coberturas verdes extensivas utilizam-se de uma pequena camada de substrato, desta forma não suportando plantio mais adensado, transferindo menos carga para a estrutura, assim sendo os custos são menores do que o telhado verde intensivo.
2. As coberturas verdes intensivas requerem mais cuidados, como sistemas de irrigação, contudo suportam espécies de maior porte. Essas coberturas têm o solo mais profundo que as extensivas. Não são limitadas em termos de variedades de plantas e com frequência apresentam os mesmos tipos de tratamento paisagístico que os jardins da casa. Essas coberturas podem oferecer espaços verdes acessíveis ao usuário com se fossem parques, e costuma incluir plantas maiores e árvores. Esse peso adicional exige uma estrutura considerável e resulta em uma cobertura mais cara para se construir. Este tipo de cobertura é somente viável em edificações de coberturas planas. Pelas questões de manutenção, irrigação e mesmo de execução, as coberturas verdes

intensivas possuem um custo mais elevado em comparação à modalidade extensiva.

Um sistema bastante prático existente no mercado de coberturas verdes, compreende uma bandeja modular de 35 x 70 centímetros e cerca de 11 centímetros de altura, fabricada em EVA (etil vinil acetato), material leve, flexível, reaproveitado da indústria. As camadas se sucedem de baixo para cima, da seguinte forma: membrana antirraízes (evita infiltrações na laje), membrana alveolar tridimensional com copinhos para reter a água, camada filtrante que impede a passagem de terra e, por último, o substrato nutritivo com a planta, como se fosse um xaxim. Segundo João Manuel Linck Feijó, engenheiro agrônomo e diretor da empresa responsável pelo produto, o conjunto todo, incluindo a água da chuva absorvida, soma cerca de 50 kg/m². O peso pequeno permite empregar o telhado em prédios existentes, que não levaram em consideração essa carga.

Esse sistema de telhado-verde é composto por:

1. Impermeabilização
2. Membranas de proteção (antirraízes)
3. Sistema de irrigação
4. Membrana alveolar (retenção de água/canal drenante)
5. Membrana de absorção (retenção de nutrientes)
6. Substrato
7. Vegetação
8. Sistema de drenagem

As camadas de uma cobertura verde podem variar dependendo do tipo específico selecionado, segundo o site Arquitetura e Sustentabilidade:

1. **Revestimento vivo (sistema modular):** Nesse tipo usam-se módulos de plástico reciclado. Os módulos do sistema básico já vêm com um mix de plantas com cerca de 10 cm de altura e aceitam somente espécies pequenas, cujas raízes resistam à rasa profundidade do suporte. Sobre a laje ou o telhado previamente impermeabilizados, deve-se instalar uma membrana anti-raízes e uma membrana de retenção de nutrientes. Acima dela, dispõem-se os módulos, que admitem ajustes de acordo com a área disponível e podem ser instalados facilmente. O sistema modular evita a erosão do substrato

nutritivo, garante drenagem perfeita, baixa manutenção e excelente retenção de água. O sistema com plantas adaptadas a solos rasos registra peso médio de 50 kg/m². Preço médio sem instalação: R\$ 110/ m².

2. **Alveolar simples (sistema alveolar):** No tipo alveolar, a membrana com alvéolos, que dá nome ao sistema, é colocada sobre a manta geotêxtil e laje impermeabilizada para agir como retentor de água. Em seguida, coloca-se uma membrana responsável pela nutrição, que garante a chegada da água até as plantas. Sobre ela, vem o substrato, já com a vegetação escolhida (suculentas, gramíneas e outras plantas pequenas). Cortando-se os módulos, pode-se ajustá-los à área disponível. O sistema alveolar permite o uso de maior variedade de plantas, incluindo espécies nativas como um telhado ecológico. É um dos mais utilizados, destacando-se por retardar o aquecimento dos ambientes durante o dia e conservar a temperatura durante a noite. A instalação exige um profissional qualificado. A carga sobre a laje varia entre 40 e 80 kg/m², dependendo da espécie escolhida. Preços a partir de R\$ 100/m² colocado.

3. **Sistema laminar (tecgarden)** Esse tipo de cobertura verde foi criado para ser utilizado principalmente sobre terraços ou lajes planas. O sistema é instalado sobre a laje impermeabilizada, apoiado num piso elevado feito de módulos de ecodreno sobre pedestais. A base, um reservatório, conta com pavios para transportar água e nutrientes até as plantas. A espessura do substrato varia de acordo com as espécies previstas no projeto paisagístico (plantas variadas, até árvores de médio porte), que podem ser forrações ou árvores frutíferas. Esse sistema possibilita o armazenamento de água na cobertura e também permite a purificação de águas cinza com posterior reutilização na edificação. O tecgarden exige instalador profissional. O sistema oferece peso extra de 250 kg/m² com arbustos e um reservatório com camada de 10 cm de água. Os custos começam em R\$ 250/m², com instalação, mas sem substrato.

4. **Skygarden:** Esse tipo é originário do Japão e tem como principal característica o substrato com engenharia de microbiologia, que é

esterilizado em autoclave, o que aumenta a vida útil da base. A montagem é simples: coloca-se o substrato com as plantas escolhidas diretamente sobre a manta geodrenante disposta na laje impermeabilizada. É possível criar jardins com gramíneas ou árvores frutíferas de médio porte variando a espessura, que começa em 4 cm. O sobrepeso na laje, cerca de 50 kg/m², em muitos casos, dispensa reforço estrutural. O preço desta cobertura verde é de R\$ 90/m².

SISTEMA DE TELHADO - VERDE				
PARÂMETRO	Modular	Alveolar	Laminar	Skygarden
Plantas	Pequenas, adaptadas a solos rasos	Suculentas, gramíneas e outras plantas pequenas	Variadas, até árvores de médio porte	Gramíneas ou árvores de médio porte
Peso	50 kg/m ²	40 - 80 kg/m ²	250 kg/m ²	50 kg/m ²
Preço	R\$110,00/m ²	R\$100,00/m ²	R\$250,00/m ²	R\$90,00/m ²
Instalação	Simple	Profissional	Profissional	Simple

Quadro 3 – Comparativo entre sistemas de telhado-verde
Fonte: Arquitetura e Sustentabilidade (2013)

Em estudos realizados os resultados preliminares mostram que para os eventos de precipitações estudados, o telhado e terraço com cobertura vegetal têm uma redução no escoamento superficial de até 97,5 e 100% respectivamente nas primeiras 3 horas após o início da chuva. Já 6 horas após o início da chuva, a redução no escoamento superficial é de 70 a 100% no terraço e de 26,6 a 100% no telhado (CASTRO, 2008).

A manutenção das coberturas verdes é muito prática e deve ser feita anualmente, que inclui adubação e aplicação de algum tipo de inseticida natural para controle de pragas. A cada seis meses recomenda-se uma inspeção no telhado para verificar se há alguma planta invasora ou árvore de grande porte, já que eventualmente o vento ou passarinhos podem trazer sementes.

Ainda segundo documento hospedado pelo IDHEA (2012), para instalação de um telhado-verde são observados os seguintes aspectos:

- Melhora as condições termo-acústicas da edificação, tanto no inverno como no verão. Estudos de bioclimatismo indicam que, com o uso de coberturas vivas, seja possível melhorar em 30% as condições térmicas no interior da edificação, sem recorrer aos sistemas de climatização ou ar condicionado artificiais.
- Manutenção de umidade relativa do ar constante no entorno da edificação e formação de microclima.
- Produção de alimentos na cobertura verde que é aproveitada para horticultura.
- Purificação da atmosfera no entorno da edificação
- Formação de microecossistema no telhado, vários tipos de plantas, borboletas, joaninhas, pássaros que esse “jardim suspenso” atrai.
- Aumenta a quantidade de verde nos centros urbanos, onde a inércia térmica dos grandes edifícios acumula e dissipa grandes quantidades de calor.
- Contribui no combate ao efeito estufa, aumentando o ‘sequestro’ (retirada) de carbono da atmosfera.
- Traz mais harmonia, bem estar e beleza para os moradores e/ou ocupantes da edificação.



Fotografia 5 – Exemplo de aplicação de telhado-verde
Fonte: Ecofidelidade – programa de incentivo ao consumo sustentável (2013)

2.2.3 Fatores Climáticos

As estratégias bioclimáticas podem ser definidas como um conjunto de regras ou medidas destinadas a influenciarem a forma do edifício bem como os seus

processos, sistemas e componentes construtivos. As estratégias que devem ser adotadas em um determinado edifício têm como base as características climáticas do local e a função do edifício e o modo com ele é ocupado. As estratégias bioclimáticas têm com objetivo promoverem um bom desempenho em termos de adaptação ao clima (GONÇALVES; GRAÇA, 2004).

2.2.3.1 Carta bioclimática

Segundo Suzuki (2012), no ano de 1992, Givoni (MILNE; GIVONI, 1979) atualizou a carta bioclimática, cuja construção se dá sobre o diagrama psicrométrico que é demarcado por linhas que representam os seguintes parâmetros:

Temperatura de bulbo seco (TBS): representada no diagrama psicrométrico pelas linhas verticais, a temperatura é medida por um termômetro de mercúrio (de bulbo seco), sem receber radiação solar direta. A temperatura de bulbo seco também é conhecida como temperatura ambiente (DOSSAT; TORREIRA, 2004).

- Temperatura de bulbo úmido (TBU): representada no diagrama psicrométrico pelas linhas transversais, a temperatura é medida por um termômetro de mercúrio com o bulbo envolto por um pano úmido, imerso em recipiente com água limpa à temperatura ambiente. A velocidade do ar ao redor do pano deve estar entre 18km/h e 37 km/h (DOSSAT; TORREIRA, 2004);

- Umidade relativa (UR): no diagrama psicrométrico, esta é representada por linhas curvas e tem uma variação de 10% entre linhas até atingir 100%. A umidade relativa é a relação entre a quantidade de vapor no ar e o ponto de saturação do mesmo, ou seja, é a taxa de vapor existente no ar em relação à quantidade máxima de vapor que poderia existir no ar sob aquela determinada temperatura. A umidade relativa é inversamente proporcional à temperatura do ar, portanto o aumento desta causa uma diminuição da umidade relativa (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007).

A carta bioclimática é dividida em 9 zonas, e cada uma delas representa uma estratégia bioclimática, conforme segue:

1. Zona de conforto: nesta zona, a probabilidade de que as pessoas estejam em conforto em relação à temperatura é alta. Nesta zona, as temperaturas variam entre 18 °C a 29 °C com a umidade variando entre 20% a 80% (LAMBERTS et al., 1997).

2. Zona de ventilação: Para clima quente e úmido, é indicada a utilização quase que permanentemente da ventilação cruzada para obter o conforto. A ventilação cruzada é quando o ar exterior tem a entrada e a saída por locais diferentes do ambiente, ocasionando assim um trânsito de ventos. Para climas áridos é aconselhável a utilização de ventilação apenas durante a noite. É utilizada esta estratégia para temperaturas superiores às de conforto até os 32°C ou se a umidade for maior de 80% (LAMBERTS et al., 1997).

3. Zona de resfriamento evaporativo: Esta estratégia utiliza a evaporação da água para diminuir a temperatura e aumentar a umidade do ar. Indicada para climas quentes e secos, com temperaturas de bulbo seco de até 44°C ou de bulbo úmido de até 24°C. A utilização de resfriamento evaporativo é aconselhável quando há ventilação do ambiente, para evitar o acúmulo de vapor d'água no ambiente interno. O resfriamento evaporativo pode ser obtido através da vegetação, fontes de água ou de forma indireta através de tanques de água mantidos a sombra no telhado (LAMBERTS et al., 1997).

4. Zona de massa térmica para resfriamento: Adota-se esta estratégia para diminuir a amplitude térmica de uma edificação. No caso do resfriamento, a massa térmica ajuda a manter as superfícies resfriadas à noite (vantajoso quando se associa à ventilação seletiva noturna) durante o período diurno. Estratégia indicada para locais de grande amplitude térmica diária (LAMBERTS et al., 1997).

5. Zona de ar-condicionado: Para temperaturas de bulbo seco superiores a 44°C, as medidas de climatização passivas não são suficientes, para isso recomenda-se utilizar climatização artificial. Para diminuir o consumo de energia sugere-se aliar o uso do ar-condicionado a algum sistema de climatização passiva (LAMBERTS et al., 1997).

6. Zona de umidificação: Utiliza-se esta estratégia quando a umidade relativa média diária do ar é baixa e a temperatura do ar se encontra entre 20°C a 27°C. A umidificação consiste em manter recipientes com água, ou vegetação dentro da edificação, que não deve ser ventilada para não perder a umidade para o exterior. Esta estratégia pode estar associada ao resfriamento evaporativo (LAMBERTS et al., 1997).

7. Zona de massa térmica com aquecimento solar: Indicada para temperaturas entre 14°C a 20°C, pode ser utilizada de duas maneiras: utilizando a massa térmica para armazenar o calor durante as horas mais quentes do dia,

liberando-o para o interior durante as horas mais frias. A segunda maneira é utilizar massa térmica para isolar a edificação e diminuir as perdas de calor (LAMBERTS et al., 1997).

8. Zona de aquecimento solar passivo: Empregada para temperaturas entre 10°C até 14°C, esta estratégia requer um bom isolamento térmico da edificação visando minimizar as perdas de calor para o exterior. Devem ser previstas grandes aberturas envidraçadas voltadas para o Sol, e nas outras orientações as aberturas devem ser mínimas. Esta estratégia exige a utilização de um sistema de aquecimento solar passivo, como, por exemplo, a Parede Trombe.

9. Zona de aquecimento artificial: Indicada para temperaturas abaixo de 10°C, para qualquer umidade, esta estratégia prevê a utilização de aquecimento artificial, pois somente o aquecimento solar passivo não seria suficiente para aquecer o ambiente. Sugere-se a utilização do aquecimento solar passivo juntamente com o aquecimento artificial, para diminuir os gastos energéticos.

2.2.3.1.1 Estratégias bioclimáticas para Curitiba

Utilizando-se o software Analysis BIO (2010), obtido através do Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LabEEE) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), foi gerada a carta bioclimática para inverno e verão em Curitiba, apresentadas na Figura 3 e na Figura 4, respectivamente.

Para o período de inverno na cidade de Curitiba a carta bioclimática sugere-se a utilização de vedações com alta inércia térmica, que devem ser aquecidas pelo Sol, para que o calor seja armazenado pelo material de alta inércia térmica e posteriormente liberado para dentro da edificação. O aquecimento solar passivo também é sugerido pela carta bioclimática, assim sendo devem-se utilizar grandes vão envidraçados na face Norte da edificação. A utilização de aquecimento artificial também pode ser necessária.

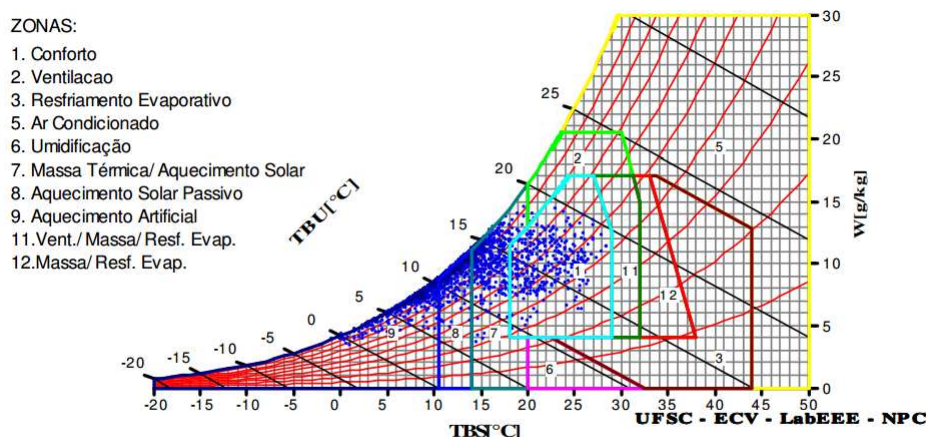


Figura 3 – Carta bioclimática para o inverno em Curitiba
Fonte: *Analysis Bio* (2010) apud Suzuki (2012)

Em relação ao verão na cidade de Curitiba a melhor estratégia bioclimática para ser adotada numa edificação é a ventilação, com 19,9%, portanto devem ser instaladas aberturas no ambiente que propiciem a ventilação cruzada. Outras estratégias sugeridas pela carta bioclimática para o período mais quente do ano é a utilização de massa térmica para resfriamento e o resfriamento evaporativo.

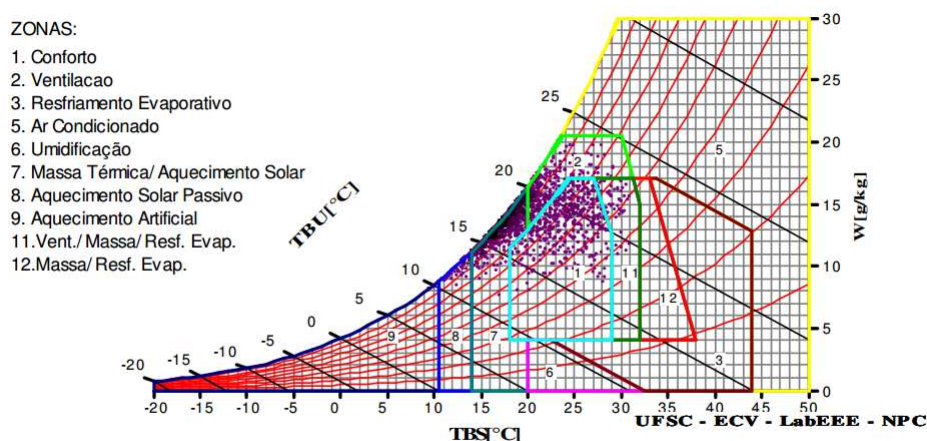


Figura 4 - Carta bioclimática para o verão em Curitiba
Fonte: *Analysis Bio* (2010) apud Suzuki (2012)

2.2.3.2 Carta solar

Segundo Kreith et al. (2011) apud Suzuki (2012), a carta solar é uma ferramenta que descreve, em um plano, o movimento aparente do percurso do sol

na abobada celeste da Terra, nos diferentes períodos do dia e do ano. Cada latitude da Terra possui uma carta solar diferente, que varia de acordo com o horário e a época do ano.

Para uma determinada latitude, pode-se determinar a posição instantânea do sol achando a intersecção da linha de datas com a linha das horas do dia. A altura solar pode ser lida a partir dos círculos concêntricos do diagrama, sendo que a altura solar é definida como o ângulo composto pelo Sol com o plano horizontal do observador. O azimute, que é o ângulo que indica a direção do raio solar, é dado ao longo do perímetro externo da circunferência do diagrama.

Na Figura 5, apresenta-se a carta solar para a cidade de Curitiba:

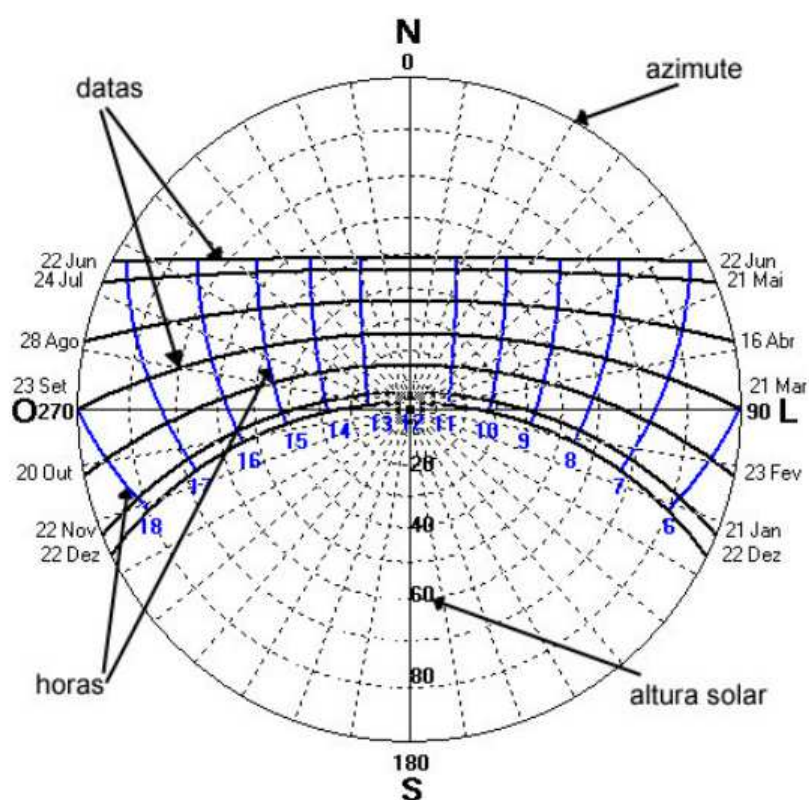


FIGURA 19 - Carta solar para a cidade de Curitiba, latitude -25,51

Fonte: Analysis SOL-AR (2010).

Figura 5 – Carta solar para Curitiba, na latitude 25,51°S

Fonte: *Analysis Sol-Ar* (2010) apud Suzuki (2012)

3 MATERIAIS E MÉTODOS

A presente pesquisa classifica-se como estudo de caso. Para sustentar o desenvolvimento do trabalho elaboram-se pesquisa de microclima, de proteção contra vento e sol, de soluções de climatização e iluminação, de materiais adequados, com indicações selecionadas do local de estudo, além de pesquisa bibliográfica e documental técnica.

Pode-se definir o método do processo construtivo bioclimático em 4 etapas principais:

1. Análise das condições climáticas locais;
2. Avaliação dos impactos do clima em termos fisiológicos de conforto;
3. Análise de soluções tecnológicas adequadas à situação;
4. Elaboração de projeto arquitetônico.

Quanto aos procedimentos de discussão de resultados aplica-se tratamento com caráter qualitativo e quantitativo, no que tange à comparação da tipologia da construção em questão e dos aspectos sustentáveis envolvidos.

O embasamento teórico é conforme a revisão documental, cujo objetivo é apresentar as definições fundamentais do conceito de uma construção sustentável, das tecnologias e materiais sustentáveis disponíveis e adequados a uma construção de pequeno porte. Nesta etapa, contextualizam-se as técnicas construtivas alternativas bem como as soluções sustentáveis em emergência.

Partindo da possibilidade da prévia definição da edificação residencial para estudo de caso na Região Metropolitana de Curitiba, compreende-se a elaboração de projetos e a aproximação ao aspecto prático da pesquisa como fundamentais à discussão dos resultados priorizando o desenvolvimento dos projetos arquitetônicos e complementares, do memorial descritivo, dos materiais utilizados na obra e das tecnologias sustentáveis passíveis de integração.

Este estudo prático contém análise de viabilidade de técnicas construtivas sustentáveis e estudo de implantação, contemplando elaboração de anteprojeto baseado nas características apresentadas pelo local do estudo de caso. A intenção do anteprojeto é a de servir como referência para uma futura construção.

Objetivamente, podem-se elencar os componentes do anteprojeto:

- Planta Arquitetônica
- Sistema de aproveitamento de água de chuva
- Sistema de aquecimento solar
- Tratamento de esgoto sanitário
- Projeto de telhado verde

Ao longo do trabalho, é possível definir algumas técnicas com potencial para serem difundidas, de modo a colaborar substancialmente com os objetivos da sustentabilidade. Em posse deste trabalho, o leitor pode obter informações importantes para a realização dos seus próprios sistemas construtivos.

3.1 ESTUDO DE CASO

Como objeto de estudo foi selecionado um terreno localizado na Região Metropolitana de Curitiba, na área rural do município de Almirante Tamandaré. A construção da residência unifamiliar foi determinada neste local para receber a pesquisa pelo fato de haver espaço disponível e condições no entorno para utilizar algumas tecnologias sustentáveis como cisterna para aproveitamento de água da chuva, sistema de aquecimento solar, tratamento de esgoto por zona de raízes e projeto de telhado verde.

Além disso, vale ressaltar a possibilidade de se aproveitar os estudos deste trabalho para pesquisa no campo da sustentabilidade, servindo de exemplo de processo construtivo bioclimático tal como o Escritório Verde – Modelo de Edificação Sustentável Certificada da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, com sede na cidade de Curitiba.

A residência unifamiliar localizar-se-á em uma região ligeiramente afastada do centro urbanizado e densamente habitado. Apesar da distância média em relação aos fornecedores e aos centros comerciais ser relativamente maior nesta região, em comparação com regiões mais centrais de Curitiba, nestas condições, é possível explorar e aproveitar as técnicas da construção sustentável com ótimas possibilidades de aplicação real dos intuítos deste presente trabalho. Ao sugerir que o entorno do empreendimento tivesse a conotação de isolamento em relação aos bairros mais bem estruturados, inclinam-se os modos de habitação peculiares aos

anseios de um núcleo construtivo auto-organizado e integrado, com sistemas sustentáveis integrados à operação da construção.

3.1.1 Descrição da Residência Unifamiliar

O projeto da habitação unifamiliar contempla 79,44 m² de área construída de padrão popular a médio, composta por sala de estar e cozinha conjugados, quarto de solteiro e quarto de casal, banheiro social e lavanderia. Fazem parte da construção as vias de acesso, a garagem e os espaços destinados à compostagem, ao tratamento de esgoto e a todos os outros sistemas que venham fazer parte da elaboração de projeto.

A fundação é do tipo sapata corrida, de acordo com a sondagem do terreno e capacidade de carga. A supraestrutura é projetada em *wood frame*, sistema estrutural em madeira e placas de compensados OSB e naval.

A cobertura é de telhas ecológicas e estrutura de madeira.

As impermeabilizações devem ser executadas a fim de evitar infiltrações e garantir a estanqueidade da construção. Este cuidado é ainda redobrado em áreas próximas ao solo, de incidência de chuvas, telhados verdes e também em áreas úmidas da casa como banheiro e cozinha.

A rede de entrada de água é com tubulação de PVC atendendo às normas da SANEPAR. A rede de entrada de energia deve atender às normas e exigências da COPEL, de acordo com o projeto específico e às necessidades da obra. A rede de esgoto é definida como fossa séptica e sumidouro, passando pelo tratamento por zona de raízes, atendendo às normas da SANEPAR.

3.2 RECOMENDAÇÕES PARA PROJETO ARQUITETÔNICO

O método de Mahoney consiste em utilizar as normais climatológicas de uma região ou cidade (temperatura média máxima, temperatura média mínima, umidade relativa, precipitação, velocidade e direção do vento) para indicar recomendações para o projeto arquitetônico quanto a:

- A. Implantação
- B. Espaçamento entre edificações

- C. Ventilação
- D. Tamanho das aberturas
- E. Posição das aberturas
- F. Proteção das aberturas
- G. Paredes e pisos
- H. Coberturas
- I. Exterior da edificação

Como base de dados confiável para obtenção das normais climatológicas pode-se acessar o site do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia). Na Tabela 1, pode-se observar um exemplo de tabela com dados climáticos, para Curitiba, no período de 1961 à 1970.

Tabela 1 – Dados climáticos relevantes para a cidade de Curitiba

- Curitiba - Latitude: 25° 31', Longitude: 49° 11', Altitude: 910 m, Período: 1961 - 1970

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
TBSmáx	26,0	25,9	25,0	22,6	20,8	19,0	18,9	20,5	21,6	21,9	23,8	24,5
TBSmín	15,8	16,4	15,4	12,7	9,0	7,7	7,4	8,5	10,7	12,1	13,7	15,1
UR méd	85	86	86	86	85	86	84	83	85	86	84	86
Chuva	390	410	450	350	300	150	150	120	140	110	110	200
v méd	3,3	3,2	3,1	2,9	2,3	2,6	2,9	3,0	3,4	3,6	3,6	3,8
Direção	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E

Fonte: *M Roriz 1987 (tese de doutorado) apud Kruger (2013)*

Procedimento para o Quadro 1 (NORMAIS):

Dados de temperatura devem ter máxima aproximação de 0.5°C.

- 1) Anotam-se a mais alta das médias das máximas mensais (MAX) e a mais baixa das médias das mínimas mensais (MIN)
- 2) Calcular e anotar a temperatura média anual (TMA), que é a média entre MAX e MIN.
- 3) Calcular e anotar a amplitude Média Mensal $AMM = MED\ MAX - MED\ MIN$ (mês a mês).
- 4) Calcular e anotar a amplitude Média anual $AMA = MAX - MIN$.

- 5) Registrar os valores médios mensais de chuva (precipitação em mm), Umidade Relativa %, Vento (direção e velocidade). O total anual de precipitação é a soma das precipitações referentes a de cada mês.

Procedimento para o Quadro 2 (DIAGNÓSTICO):

- 1) Definir na primeira linha os grupos de umidade a cada mês em função do Quadro 4.
- 2) Anotar na segunda e na quinta linha, respectivamente, MED MAX e MED MIN para cada mês [MAX DIA e MIN NOITE].
- 3) Registrar os limites superiores e inferiores (diurnos e noturnos) a partir das informações do Quadro 4 e de acordo com TMA e GU de cada mês.
- 4) Comparar as MAX DIA e MIN NOITE com os respectivos limites, anotando os seguintes símbolos nas últimas duas linhas do Quadro 2, que correspondem à qualificação do rigor térmico:

Q = quente ou temperatura acima dos limites

C = conforto ou temperatura entre os limites

F = frio ou temperatura abaixo dos limites

Procedimento para o Quadro 3 (INDICADORES):

Os indicadores são fornecidos pelo Quadro 4 para umidade U1, U2 e U3 e aridez A1, A2 e A3, a cada qual correspondem os significados: U1 = movimento de ar indispensável, U2 = movimento de ar recomendável, U3 = necessidade de cuidados especiais contra chuvas; A1 = necessidade de armazenamento térmico (inércia), A2 = conveniência de se dispor de espaço para dormir ao ar livre, A3 = cuidados especiais com a estação fria.

Ao final, soma-se o número total de meses relacionados a cada indicador.

Procedimento para o Quadro 5 (RECOMENDAÇÕES PARA O PROJETO ARQUITETÔNICO):

Recomendações quanto a: a) implantação, b) espaçamentos, c) ventilação, d) tamanho das aberturas, e) posição das aberturas, f) proteção das aberturas, g) paredes e pisos, h) coberturas e i) exteriores.

- 1) Anotar no Quadro 5 os totais dos 6 indicadores conforme o Quadro 3 preenchido anteriormente.
- 2) Verificar as recomendações recomendadas para cada caso (linha por linha)

Após o processamento dos dados conforme a metodologia há a definição de estratégias recomendadas para cada item supracitado. Na maior parte dos casos, somente uma estratégia é definida para cada item. Exceto nos itens F e I, cujas recomendações não são excludentes, só deve permanecer uma recomendação em cada item. As recomendações de 18 a 22 (itens G e H) fornecem limites desejáveis para as características térmicas dos elementos de vedação (paredes, coberturas e entrepisos): K = coeficiente de transmissão térmica ($\text{kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$), q/l = fator de calor solar (%), ou % de radiação solar que atinge o interior, f_i = tempo de retardo na transmissão térmica em função da inércia (h), tais itens serviram de base para a NBR 15220 – Desempenho térmico em edificações.

3.3 MODELO ESTRUTURAL

Wood frame é uma estrutura em perfis e placas estruturais em madeira e tem como principais vantagens a velocidade de execução, limpeza do canteiro e poucos resíduos gerados e custo relativamente menor que as estruturas em concreto armado e alvenaria convencional.

Como parâmetros de dimensionamento estão as cargas a serem suportadas e as características de resistência da madeira a ser utilizada.

Por se tratar de uma estrutura passível de ataque de insetos que se alimentam de celulose é recomendado o tratamento completo da madeira, pintura e manutenção frequentes. Outro aspecto negativo da madeira como material construtivo, comparativamente aos outros métodos construtivos como concreto armado, é a falta de proteção contra umidade. Por isso em áreas úmidas, evita-se a utilização de madeira, ou substitui-se por madeiras tratadas ou outros materiais mais resistentes à umidade.

Na Figura 6, há um exemplo ilustrativo de uma casa construída com o sistema de perfis estruturais de madeira e placas fixadas nos perfis.



Figura 6 – Casa com estrutura em *Wood Frame*
Fonte: Mcmv de madeira (2013)

3.4 APROVEITAMENTO DE ÁGUAS DE CHUVA

O cálculo de dimensionamento do reservatório segue as diretrizes do método de Rippl e método prático inglês, considerando área de captação, coeficiente de escoamento superficial, índice pluviométrico para a região estudada e volume demandado.

De acordo com a NBR 15527 Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos (ABNT, 2007), calcula-se o volume de precipitação inicial a ser descartada.

3.5 TRATAMENTO DE ESGOTO POR ZONA DE RAÍZES

Esta etapa consiste em tratar biologicamente o esgoto oriundo da plena operação da casa por meio de micro-organismos presentes nas raízes de algumas plantas. Logo, para dimensionar corretamente este sistema deve-se considerar:

1. Volume estimado de efluente da fossa séptica (tratamento primário)
2. Capacidade de depuração dos micro-organismos

Nesse tipo de estação de tratamento, o efluente primeiro passa por um tratamento primário, geralmente por uma fossa séptica, onde são removidos os sólidos sedimentáveis. Em seguida, o efluente é encaminhado através de uma rede

de tubulações perfuradas para ETE por zona de raízes, mais ou menos a uns 10 cm abaixo da superfície do filtro, onde é iniciado o tratamento secundário.

Para o dimensionamento prático, adota-se 1m³ por pessoa, ou seja, 1m² de área de sistema de tratamento de esgoto por zona de raízes para cada pessoa, considerando a profundidade de 1m, para acomodação das camadas.

3.6 AQUECIMENTO SOLAR DE ÁGUA POTÁVEL

Para o dimensionamento do sistema de aquecimento solar deve-se saber:

1. Volume de água quente necessário para a plena utilização em aparelhos sanitários como chuveiros e torneiras, considerando um padrão de insolação para a região.
2. Orientação das placas coletoras para máxima eficiência de absorção da radiação solar.
3. O sistema de aquecimento solar de água é um sistema complementar, pois este não garante por si, por todo o tempo, a completa satisfação das necessidades dos usuários, seja em quantidade ou qualidade. Por isso, sempre se deve prever a instalação de um sistema de aquecimento imune a variações climáticas, como um aquecedor de passagem à gás ou mesmo um chuveiro elétrico.

Segundo orientações da NBR 15569:2008 – Sistema de aquecimento solar de água em circuito direto – Projeto e Instalação, o objetivo do dimensionamento é determinar qual é a área coletora e o volume do sistema de armazenamento necessário para atender à demanda de energia útil de um determinado perfil de consumo.

3.7 TELHADO VERDE

O projeto de telhado verde é constituído sobre treliça em madeira, em meia-água. O sistema é alveolar, pela facilidade de instalação e custos reduzidos. Conforme orientações em relação à impermeabilização e drenagem, projetam-se sistemas e camadas sob a cobertura para evitar infiltrações no interior da edificação e conduzir o excesso de água contida no telhado verde.

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 APLICAÇÃO DO MÉTODO DE MAHONEY

Uma planilha foi elaborada para facilitar e automatizar os cálculos propostos e resultados para qualquer cidade do país que conste no banco de dados do INMET. O método de Mahoney é dividido em quadros, a saber: normais, diagnósticos, indicadores, parâmetros do método e recomendações para projeto arquitetônico.

Na Tabela 2 apresenta-se a aplicação do método de Mahoney para a cidade curitibana:

Tabela 2 – Dados climatológicos para a cidade de Curitiba

LOCAL	Curitiba		LATIT.	25° 25' 40" S	LONGIT.	49° 16' 23" W	ALTIT. (m)	934,6					
UF: PR													
1. NORMAIS	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	
Temp. °C	Med. Máx.	26,6	26,7	25,7	23,1	21,1	19,6	19,4	20,9	21,3	22,6	24,5	25,4
	Méd. Mín.	16,4	16,3	15,4	12,8	10,2	8,4	8,1	9,2	10,8	12,5	14	15,4
	Ampl. (aMM)	10,2	10,4	10,3	10,3	10,9	11,2	11,3	11,7	10,5	10,1	10,5	10
	Umid. Rel. (%)	79	80	80	79	82	82,7	81	79	82	82	80	82
	Precipitação (mm)	171,8	157,6	138,8	94,8	101	115,6	98,8	73,4	119,2	133,3	126,9	152,3
Vento	Vel. (m/s)	2,41	2,28	2,14	2,01	1,77	1,98	2,06	2,28	2,48	2,56	2,68	2,64
	Direção / graus	51	Calmo	68	56	Calmo	334	354	3	56	73	65	62
		NE	-	E	NE	-	NW	N	N	NE	E	NE	NE

MÁX °C = 26,7 TMA °C = 17,4 Total precip. mm = 1483,5
 MÍN °C = 8,1 AMA °C = 18,6

Fonte: INMET – Instituto Nacional de Meteorologia (2013)

Os dados de normais climatológicas apresentados na Tabela 2 estão no site do INMET, e referem-se aos dados históricos coletados para a cidade de Curitiba a respeito da temperatura máxima média, temperatura mínima média, umidade relativa, precipitação e intensidade e direção dos ventos predominantes. Além disso, são encontrados os valores de MÁX = 26,7 °C (maior valor entre as médias máximas, Janeiro) e MÍN = 8,1 °C (menor valor entre as médias mínimas, Julho), e

calculados os valores de TMA = 17,4 °C (média simples de MÁX e MÍN), AMA = 18,6 °C (amplitude entre MÁX e MÍN, ou a diferença entre eles) e precipitação total anual = 1483,5 mm (soma da precipitação média de todos meses). Para determinar a AMM (amplitude entre a média das temperaturas máximas e a média das temperaturas mínimas de cada mês) também foram realizados os cálculos, cujos resultados foram apresentados na linha Ampl. (aMM).

Tabela 3 – Diagnósticos (Quadro 2 do método de Mahoney)

2. DIAGNÓSTICOS		Jan.	Feb.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	
Grupo de Umidade		GR 4	GR 4	GR 4	GR 4	GR 4	GR 4	GR 4	GR 4	GR 4	GR 4	GR 4	GR 4	
Temperatura °C	Dia	Máx.	26,6	26,7	25,7	23,1	21,1	19,6	19,4	20,9	21,3	22,6	24,5	25,4
		Lim. Sup.	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
		Lim. Inf.	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
	Noite	Mín.	16,4	16,3	15,4	12,8	10,2	8,4	8,1	9,2	10,8	12,5	14	15,4
		Lim. Sup.	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
		Lim. Inf.	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
Diag.	Dia	Q	Q	Q	C	C	F	F	C	C	C	C	Q	
	Noite	C	C	C	F	F	F	F	F	F	F	C	C	

Fonte: Autor (2013)

Na Tabela 3 são apresentados os diagnósticos de cada mês. A primeira classificação é o Grupo de Umidade, que depende exclusivamente da normal climatológica Umidade Relativa. Todos os meses apresentaram valores de umidade relativa superior a 70%, logo todos foram classificados como GR4.

Para determinar os limites superiores e inferiores para a situação dia e os limites superiores e inferiores para a situação noite, deve-se saber o Grupo de Umidade do mês em questão e TMA, de acordo com a Tabela 6 e Tabela 7.

Após determinar as quatro temperaturas referentes aos limites de conforto, deve-se diagnosticar a situação dia e a situação noite de cada mês (Quente - Q, Frio - F, Confortável - C). Ao final, cada mês terá dois diagnósticos, um para cada situação (dia ou noite).

Para a situação dia, deve-se observar se a média das temperaturas máximas é maior que o limite superior ou menor que o limite inferior ou se está entre as duas temperaturas.

Exemplo:

No mês de Janeiro a média das temperaturas máximas mensais é 26,6 °C e, portanto é maior que o limite superior de 25 °C (situação dia), logo é diagnosticado como Quente – Q. Já na situação noite, ocorre a mesma comparação, porém deve-se comparar a média das temperaturas mínimas em relação aos limites de conforto para situação noite. Seguindo o exemplo, no mês de Janeiro, a média das temperaturas mínimas é 16,4 °C e, portanto está entre o limite superior de 20°C e o inferior de 14°C, sendo diagnosticado na situação noite como Confortável – C.

Tabela 4 – Indicadores (Quadro 3 do método de Mahoney)

3. INDICADORES		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez			
Umidade	U1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	TOTAL	U1	4
	U2	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	TOTAL	U2	6
	U3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	TOTAL	U3	0
Aridez	A1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	TOTAL	A1	0
	A2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	TOTAL	A2	0
	A3	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	TOTAL	A3	2

Fonte: Autor (2013)

Na Tabela 4, para cada mês, existem 6 indicadores (3 indicadores de umidade: U1, U2 e U3 e 3 indicadores de aridez: A1, A2 e A3). De acordo com o quadro de indicadores deve-se verificar se indicador por indicador, mês a mês.

Exemplo:

O indicador U1 é assinalado caso:

- o diagnóstico para a situação dia seja Q e o GR seja 4, simultaneamente;
- o diagnóstico para situação dia seja Q, o GR seja 2 ou 3 e o AMM seja menor que 10°C, simultaneamente.

Na verificação, o mês de Janeiro se enquadra no caso a) do indicador U1, logo é assinalado o valor 1. Caso não houvesse nenhuma correspondência entre os casos possíveis do indicador e os dados do mês, ou seja, se o mês não se enquadrasse no indicador, o valor dado seria 0.

Após todas as verificações, é preciso verificar a “pontuação” de cada indicador. Para a cidade de Curitiba, observam-se na Tabela 5 as pontuações dos indicadores:

Tabela 5 – Total dos indicadores U1, U2, U3, A1, A2 e A3

TOTAL U1: 4

TOTAL U2: 6

TOTAL U3: 0

TOTAL A1: 0

TOTAL A2: 0

TOTAL A3: 2

Fonte: Autor (2013)

Tabela 6 – Parâmetros GR, Limites de conforto e indicadores do método de Mahoney

4. PARÂMETROS DO MÉTODO													
Grupo	Faixa de Umidade Relativa	Limites de Conforto						Indicadores					
		TMA > 20 C		15 C < TMA < 20 C		TMA < 15 C		Indic.	Dia	Noite	Chuva	Umid.	AMM
		Dia	Noite	Dia	Noite	Dia	Noite						
GR 1	0%	26	17	23	14	21	12	U1	Q			4	< 10 C
	30%	34	25	32	23	30	21		Q			2 ; 3	
GR 2	30%	25	17	22	14	20	12	U2	C			4	
	50%	31	24	30	22	27	20	U3			> 200		
GR 3	50%	23	17	21	14	19	12	A2				< 4	>= 10 C
	70%	29	23	28	21	26	19			Q		1 ; 2	
GR 4	70%	22	17	20	14	18	12	A3	Q	C		1 ; 2	> 10 C
	100%	27	21	25	20	24	18		F				

Fonte: Adaptado do método de Mahoney (2013)

A Tabela 7 contém tabela auxiliar para os limites inferiores e superiores, para melhorar a visualização por meio da separação entre os dois limites.

Tabela 7 - Tabela auxiliar de limites de conforto

LIMITES DE CONFORTO (tabela auxiliar)

Limites inferiores						
	Dia			Noite		
	tma >20	15< tma <20	tma <15	tma >20	15< tma <20	tma <15
GR 1	26	23	21	17	14	12
GR 2	25	22	20	17	14	12
GR 3	23	21	19	17	14	12
GR 4	22	20	18	17	14	12

Limites superiores						
	Dia			Noite		
	tma >20	15< <20	tma <15	tma >20	15< <20	tma <15
Gr 1	34	32	30	25	23	21
Gr 2	31	30	27	24	22	20
Gr 3	29	28	26	23	21	19
Gr 4	27	25	24	21	20	18

Fonte: Adaptado do método de Mahoney (2013)

Com base nos totais de indicadores da cidade analisada, é possível determinar as recomendações para o projeto arquitetônico, segundo o método. A seguir, os resultados obtidos para a cidade de Curitiba. A forma correta de se chegar às recomendações segue o mesmo raciocínio utilizado até agora.

Exemplo 1:

No item A – Implantação, podem-se observar alguns intervalos de valores como 0-10, 11-12, etc. Para cada estratégia deve-se fazer a comparação entre os totais dos indicadores (coluna) e as exigências. Assim, para que a estratégia '2 – Edifícios compactos, com pátio interno' seja a escolhida deve-se atender a:

a) Indicador A1 entre 11 – 12 e indicador A3 entre 0 – 4, simultaneamente.

É importante observar que para esta estratégia (2 do item A), só existe o caso a) acima citado como possibilidade.

Exemplo 2:

Ainda no item A – Implantação, a estratégia 1 – Edifícios alongados, com fachadas maiores tem duas possibilidades, a saber:

- b) Indicador A1 entre 0 e 10
- c) Indicador A1 entre 11 e 12 e indicador A3 entre 5 e 12, simultaneamente.

Os espaços vazios (sem número ou intervalo de números) não são utilizados e não servem para nenhum tipo de comparação, ou seja, não valem 0.

Tabela 8 – Recomendações de Projeto Arquitetônico (Quadro 5 do método de Mahoney)

5. RECOMENDAÇÕES PARA O PROJETO ARQUITETÔNICO

Método Mahoney	Localidade :	TOTAIS INDICADORES							
		U1	U2	U3	A1	A2	A3		
	Curitiba	4	6	0	0	0	2		
A – IMPLANTAÇÃO									
1	Edifícios alongados, com fachadas maiores voltada para Norte e Sul, visando menor insolação				0 - 10			1	OK
2	Edifícios compactos, com pátio interno				11 - 12		5 - 12	2	N
							0 - 4		
B - ESPAÇAMENTOS ENTRE AS EDIFICAÇÕES									
3	Aumentar distâncias entre edificações para melhor ventilação	11 - 12						3	N
4	Como 3, mas com possibilidade de controlar ventos quentes e/ou frios	2 - 10						4	OK
5	Aproximar as edificações para aumentar a inércia	0 - 1						5	N
C – VENTILAÇÃO									
6	Para obter uma ventilação cruzada permanente, as habitações devem ser dispostas em fila simples ao longo do edifício	3 - 12						6	OK
7	Fila dupla de habitações ao longo do edifício, com dispositivos que permitam controlar a ventilação	1 - 2			0 - 5			7	N
8	Ventilação mínima, apenas para renovação de ar	0	2 - 12		6 - 12			8	N
			0 - 1						

D - TAMANHO DAS ABERTURAS

9	40 a 80% das fachadas norte e sul					0	9	N
10	25 a 40% das fachadas Norte e Sul (ao nível do corpo)			0 - 1		1 - 12	10	OK
				2 - 5				
11	15 a 25% das fachadas			6 - 10			11	N
12	10 a 20% das fachadas, com controle de radiação solar			11 - 12		0 - 3	12	N
13	25 a 40% das fachadas, permitindo sol no período frio						4 - 12	13

E - POSIÇÃO DAS ABERTURAS

14	Nas fachadas norte e sul, permitindo ventilação ao nível dos corpos dos ocupantes	3 - 12					14	OK
				0 - 5				
15	Como 14, mas com aberturas nas paredes internas	1 - 2			6 - 12		15	N
		0						

F - PROTEÇÃO DAS ABERTURAS

16	Evitar radiação solar direta nos interiores					0 - 2	16	OK
17	Proteger da chuva, permitindo ventilação			2 - 12			17	N

G - PAREDES E PISOS

18	Evitar radiação solar direta nos interiores da edificação				0 - 2		18	OK
19	Pesadas, $U \leq 2,0W/(m^2C)$, retard. ≥ 8 horas, fator sol $\leq 4\%$				3 - 12		19	N

H – COBERTURAS

20	Leves, refletoras. $U \leq 1,1W/(m^2C)$, retard. ≤ 3 horas, fator sol $\leq 4\%$	10 - 12			0 - 2		20	N
21	Leves, isolantes. $U \leq 0,85W/(m^2C)$, retard. ≤ 3 horas, fator sol $\leq 3\%$				3 - 12		21	OK
				0 - 5				
22	Pesadas. $U \leq 0,85W/(m^2C)$, retard. ≥ 8 horas, fator sol $\leq 3\%$	0 - 9			6 - 12		22	N

I - EXTERIOR DA EDIFICAÇÃO

23	Prever espaço ao ar livre para dormir					1 -	23	N
----	---------------------------------------	--	--	--	--	-----	----	---

					12			
24	Proteger contra as chuvas		1 - 12				24	N

Fonte: Autor (2013)

Assim, seguem os resultados finais e recomendações, de acordo com Tabela 8 – Recomendações de projeto arquitetônico:

- A. **Implantação:** Edifícios alongados, com fachadas maiores voltadas para Norte e Sul, visando menor insolação.
- B. **Espaçamento entre edificações:** Aumentar distâncias entre edificações para melhor ventilação, mas com possibilidade de controlar ventos quentes e/ou frios.
- C. **Ventilação:** Para obter uma ventilação cruzada permanente, as habitações devem ser dispostas em fila simples ao longo do edifício.
- D. **Tamanho das aberturas:** 25 a 40% das fachadas Norte e Sul (ao nível do corpo).
- E. **Posição das aberturas:** Nas fachadas norte e sul, permitindo ventilação ao nível dos corpos dos ocupantes.
- F. **Proteção das aberturas:** Evitar radiação solar direta nos interiores.
- G. **Paredes e pisos:** Evitar radiação solar direta nos interiores da edificação.
- H. **Coberturas:** Leves, isolantes. $U \leq 0,85 \text{ W}/(\text{m}^2\text{C})$, retard. ≤ 3 horas, fator sol $\leq 3\%$.
- I. **Exterior da edificação:** Nenhuma recomendação.

O método é bastante generalista e não considera a microregião, como casos de sombreamento de outras edificações, topografias excêntricas e outras características peculiares. Além disso, os resultados não servem como guia único e definitivo do processo de construção bioclimática, porém certamente é uma ferramenta de grande utilidade orientação das fachadas e posicionamento de aberturas.

4.2 INFRAESTRUTURA

O dimensionamento da fundação deve ser feito em função das cargas de projeto e do tipo de solo existente. Para a fundação da habitação, optou-se pela

solução de sapata corrida de concreto armado pelo fato da estrutura sobre a fundação ser leve e com cargas distribuídas ao longo das paredes e pela utilização de vigas de madeira com seção retangular para a sustentação e distribuição das cargas provenientes da edificação.

A transmissão das cargas verticais, neste caso, acontece de forma não concentrada o que torna a fundação uma etapa bastante rápida e econômica. A estrutura principal utilizada é de madeira e distribui as cargas ao longo das paredes, e estas à fundação em concreto armado.

4.3 ESTRUTURA EM *WOODFRAME*

4.3.1 Paredes

São compostas por montantes verticais de madeira, dispostos em consonância com painéis de OSB Naval 15mm para paredes externas e OSB 12mm para as paredes internas, e isolamento térmico e acústico por meio de lã de vidro. As ligações entre os elementos estruturais no painel são efetuadas pela utilização de pregos, sendo que estes elementos metálicos de fixação devem necessariamente ser galvanizados, uma vez que deverão ter longa vida de serviço.

A estrutura do pavimento destinado às instalações hidráulicas como caixa d'água e boiler, na cobertura da casa, é apoiada nas paredes estruturais, que solicitam os montantes na direção paralela às fibras e estes descarregam os esforços na fundação.

Para as aberturas de portas e janelas os montantes que se encontram nestas regiões são deslocados lateralmente, mas nunca eliminados. Para evitar a necessidade de ar condicionado e minimizar o uso de energia elétrica elaborou-se um projeto arquitetônico que facilite a ventilação e a iluminação natural.

4.3.1.1 Montantes de madeira de reflorestamento

De acordo com tabela elaborada por Tessari (2013), no total serão 139 peças de montante de madeira reflorestada. Os montantes da estrutura têm

espaçamento (centro a centro), em geral, de 61 cm. A seção é de 5 x 10 cm e o comprimento 2,60m.

4.3.1.2 Chapas de OSB das paredes externas e internas

Tabela 9 – Quantidade de chapas do tipo naval
Chapas inteiras (paredes externas e banheiros)
OSB Naval - 15mm - 1,22m x 2,44m 35 unid.

Chapas com cortes - Estimativa de reaproveitamento					
N	Externo	(Fator)	cm	N	#
17	49	2	73	p/ 7 e 8.	2
3	49,5	2	72,5	p/ 9 e 11.	2
10	53	1	69	p/ 21.	1
18	60,5	4	61,5	18.	2
16	66	1	56	-	1
21	66	1	56	de 10.	0
11	68	1	54	de 3.	0
9	71	1	51	de 3.	0
8	72	1	50	de 17.	0
7	72,5	1	49,5	de 17.	0
4	76	2	-		2
22	79	1	-		1
6	102,5	1	-		1
20	109	1	-		1
2	110,5	2	-		2
1	111	1	-		1
19	112	2	-		2
Total Chapas com cortes					18

TOTAL	53
--------------	-----------

Fonte: Adaptado de Tessari (2013)

Para a estrutura de chapas que compõem as paredes externas e paredes de banheiros deverão ser utilizadas 35 chapas inteiras (sem corte) e 18 chapas com corte de OSB Naval (1,22m x 2,44m), totalizando 53 chapas de OSB Naval, tipo mais resistente a umidade. Estima-se uma perda em torno de 10%, logo serão necessárias 59 chapas de OSB Naval 15mm (1,22m x 2,44m) ou 175,63 m², conforme Tabela 9.

Como parte das paredes internas projetou-se a utilização de chapas de OSB 12mm (1,22 x 2,44m). No total, serão 42 chapas inteiras (sem necessidade de cortar) e 16 chapas para corte, ou 58 chapas. Considerando 10% de perda, 64 chapas de OSB 12mm (1,22m x 2,44m) ou 190,52 m², conforme Tabela 10:

Tabela 10 – Quantidade de chapas OSB (paredes internas)

Chapas inteiras (paredes internas)		
OSB - 12mm - 1,22m x 2,44m	42	unid.

Chapas com cortes - Estimativa de reaproveitamento

N	Interno	(Fator)	cm	N	#
3'	38	2	84	p/ 11' e 12'.	2
10'	41,5	1	80,5	p/ 15.	1
15'	55	1	67	p/ 16'.	1
12'	55	1	67	p 7'.	1
9'	60	1	62	p/ 8'.	1
8'	61	1	61	de 9'.	0
7'	61	1	61	de 12'.	0
4'	65	2	57	-	2
16'	66	1	56	de 15'.	0
15	66	1	56	de 10'.	0
12	66	1	56	de 3'.	0
11'	79,5	1	42,5	de 3'.	0
14'	87,5	1	-	-	1
13'	87,5	1	-	-	1
6'	91	2	-	-	2
14	99	1	-	-	1
13	99	1	-	-	1
5'	111	2	-	-	2
Total Chapas com cortes					16

TOTAL	58
--------------	-----------

Fonte: Adaptado de Tessari (2013)

De acordo com pesquisa de preços feita por Tessari (2013), é possível encontrar chapas navais de 15mm entre os valores R\$ 29,26/m² a R\$53,98/m², variando principalmente de acordo com dimensões e espécie da madeira. Já os preços da chapa de OSB 12mm variam entre R\$13,19/m² a R\$16,59/m², na região de Curitiba. Um orçamento simplificado, utilizando valores médios, pode ser observado na Tabela 11:

Tabela 11 – Orçamento das chapas fixadas nas paredes internas e externas

NÚMERO DE CHAPAS			
2440 x 1220mm			
Externas		Internas	
e=15mm		e=12mm	
CHAPAS INTEIRAS			
35		42	
CHAPAS COM CORTES			
18		16	
PREÇO TOTAL			
# CHAPAS		# CHAPAS	
15mm	53	12mm	58
Área(m ²)	157,7704	Área (m ²)	172,6544
+10%	173,6	+10%	190
R\$/m ²	41,62	R\$/m ²	14,875
total	R\$ 7.629,72	total	R\$ 8.531,00
			TOTAL
			R\$ 16.160,72

Fonte: Adaptado de Tessari (2013)

4.3.2 Pisos

O piso do térreo é composto por decks constituídos por chapas de OSB (*Oriented Strand Board*) apoiadas sobre vigas de madeira com seções retangulares. Sobre o deck de madeira podem-se utilizar revestimentos convencionais com manta intermediária para garantir a isolação térmica e acústica. A chapa de OSB que compõe o deck funciona, neste caso, como contrapiso.

Além disso, nas áreas úmidas utilizam-se chapas cimentícias de 12mm coladas diretamente sobre contrapiso de OSB, sendo que sobre as chapas cimentícias aplica-se, por pintura, uma impermeabilização do tipo membrana acrílica impermeável. Nas juntas entre as placas cimentícias, bem como nos cantos com as paredes, aplica-se fibra de vidro com estruturante. Sobre a impermeabilização coloca-se o piso frio com argamassa colante com resina acrílica.

Na composição dos pisos das áreas úmidas utiliza-se chapas de compensado naval em vez de chapas cimentícias.

4.3.3 Instalações Elétricas e Hidráulicas

É idêntico ao de uma construção convencional, mas em comparação com as construções com alvenaria o uso de paredes agrega praticidade e agilidade à construção em eventuais reparos ao permitir embutir as instalações nos vãos internos aos montantes.

4.3.4 Revestimentos

As paredes externas são revestidas com *sidings* de aço, madeira e PVC, desenvolvidos especificamente para o sistema de *wood frame*, mas também podem ser utilizados outros tipos de materiais como placas cimentíceas que dão um acabamento semelhante ao da alvenaria, além de tijolos aparentes e argamassa armada. Outra alternativa é o revestimento tipo “TYVEK”, que tem a função de proteger o sistema das intempéries (por exemplo, contra umidade), mas, de uma maneira geral, o revestimento visa também atender os requisitos de arquitetura e funcionar como isolante térmico.

Nas áreas expostas a água como, por exemplo, banheiro e cozinha são utilizadas placas cimentíceas com selador acrílico anti-fungo e pintura de resina acrílica pura, ou ainda placas de gesso acartonado com proteção contra umidade revestidas com azulejo. É fundamental garantir mecanismos que garantam a estanqueidade do sistema.

4.3.5 Cobertura e Telhado

No caso da cobertura de telhas cerâmicas são utilizadas diretamente ripas sobre as treliças tomando-se o cuidado de se aplicar uma manta de sobcobertura antes do ripamento para garantir a estanqueidade.

A parte do telhado com cobertura vegetal possui chapas de OSB, camada impermeabilizante, sistema de drenagem e módulos com plantas de pequeno porte.

Na Figura 7, pode-se notar os módulos sobre a membrana de retenção e membrana alveolar, que dá nome ao sistema.

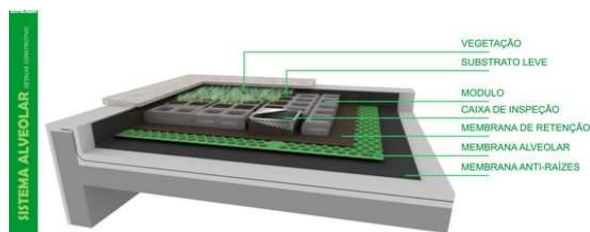


Figura 7 – Sistema alveolar para cobertura verde
Fonte: Ecotelhado soluções em infraestrutura verde (2013)

4.4 ANÁLISE DE DESEMPENHO TÉRMICO DAS PAREDES SEGUNDO A NBR 15220:2003 - DESEMPENHO TÉRMICO EM EDIFICAÇÕES

Calculou-se o desempenho térmico (resistência térmica, capacidade térmica e atraso térmico) dos seguintes tipos/modelos de paredes, para fins de cálculo:

1. Parede dupla de compensado com câmara de ar: compensado 15mm + 10cm de câmara de ar + compensado 12mm.
2. Parede dupla de compensado com preenchimento de lã de rocha: compensado 15mm + 10cm de lã de rocha + compensado 12mm.
3. Parede de alvenaria convencional: 2cm de reboco + (tijolo 9x14x19 de pé e 1cm de argamassa de assentamento) + 2cm de reboco.

4.4.1 Resistência Térmica e Transmitância Térmica

Na Tabela 12, calculou-se a resistência térmica do primeiro modelo de parede, conforme especificações supracitadas:

Tabela 12 – Resistência e transmitância térmicas de parede dupla de compensado com câmara de ar

Resistência térmica (parede de compensado dupla com camada de ar)		
Material	e (cm)	R
1 Compensado	1,5	0,1111
2 AR (horiz./>5)	10	0,17
3 Compensado	1,2	0,0888

$$R_t = 0,37 \text{ m}^2 \text{ } ^\circ\text{C/W}$$

$$U = 1,8518 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Fonte: Autor (2013)

Na Tabela 13, calculou-se a resistência térmica do segundo modelo de parede, conforme especificações supracitadas:

Tabela 13 - Resistência e transmitância térmicas de parede dupla de compensado com preenchimento de lã de rocha

Resistência térmica (parede de compensado dupla com lã de rocha)

Material	e (cm)	R
1 Compensado	1,5	0,1111
2 Lã de rocha	10	2,8571
3 Compensado	1,2	0,0888

$$R_t = 3,06 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C/W}$$

$$U = 0,3098 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$$

Fonte: Autor (2013)

Na Tabela 14, calculou-se a resistência térmica do terceiro e último modelo de parede estudado, conforme especificações supracitadas:

Tabela 14 - Resistência e transmitância térmicas de parede de alvenaria convencional

RESISTÊNCIA TÉRMICA DE ELEMENTOS COM CAMADAS NÃO-HOMOGÊNEAS (Parede de alvenaria convencional)

	Material	e (cm)	R	Seção	Área	Rt seção
Seção A	A.1	Argamassa assentamento	13	A	25	0,1130
				B	95	0,1347
Seção B	B.1	Cerâmicos	9			0,1
	B.2	Argamassa assentamento	2			0,0173
	B.3	Argamassa assentamento	2			0,0173

$$R_t = 0,1295 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C/W}$$

$$U = 3,3378 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$$

Fonte: Autor (2013)

Após os cálculos efetuados para as três condições de paredes, o Gráfico 1 permite a visualização em forma de barras de coluna dos valores atribuídos. A transmitância térmica, propriedade geométrica e material, é o inverso da resistência total (incluindo camada virtual de ar nas superfícies externa e interna).

É possível notar que os materiais argamassa de reboco e cerâmicos apresentam alta transmitância térmica. De acordo com as condições de modelagem, não há a consideração da camada de ar presente no interior dos tijolos cerâmicos. Assim, os resultados apresentados são para a condição de tijolo maciço, ou seja, totalmente preenchido com material cerâmico.

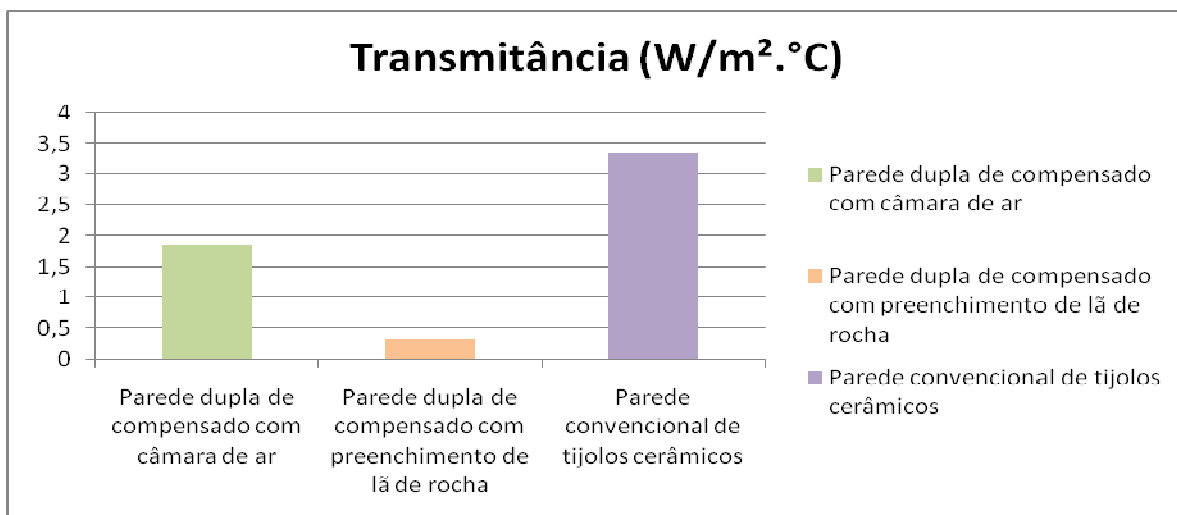


Gráfico 1 - Comparativo entre tipos de paredes quanto à transmitância térmica
 Fonte: Autor (2013)

4.4.2 Capacidade Térmica e Atraso Térmico

Na Tabela 15, calculou-se a capacidade térmica do primeiro modelo de parede estudado:

Tabela 15 - Capacidade térmica de parede dupla de compensado com câmara de ar
 Capacidade Térmica - Elementos em série (Parede de compensado dupla com camada de ar)

Material	e (cm)	c	ρ	Ct
1 Compensado	1,5	2,3	450	15,525
2 Ar	10	1	1,3	0,13
3 Compensado	1,2	2,3	450	12,42

CT = 28,075 $kJ/m^2 \cdot ^\circ C$

Fonte: Autor (2013)

Na Tabela 16, calculou-se a capacidade térmica do segundo modelo de parede estudado:

Tabela 16 - Capacidade térmica de parede dupla de compensado com lâ de rocha
 Capacidade Térmica - Elementos em série (Parede de compensado dupla com enchimento de lâ de rocha)

Material	e (cm)	c	ρ	Ct
1 Compensado	1,5	2,3	450	15,525
2 Lã de rocha	10	0,75	110	8,25
3 Compensado	1,2	2,3	450	12,42

CT = 36,195 $kJ/m^2 \cdot ^\circ C$

Fonte: Autor (2013)

Na Tabela 17, calculou-se a capacidade térmica do terceiro modelo de parede:

Tabela 17 - Capacidade térmica de parede de alvenaria convencional

Capacidade Térmica - Elementos em paralelo (parede alvenaria convencional)

		Material	e (cm)	Ct
Seção A	A.1	Argamassa assentamento	13	260
Seção B	B.1	Cerâmicos	9	132,48
	B.2	Argamassa assentamento	4	80

Seção	Área	Ct
A	25	260
B	95	212,48

$$CT = 220,89 \text{ kJ/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

Fonte: Autor (2013)

Após os cálculos efetuados para as três condições de paredes, o Gráfico 2 permite a visualização em forma de barras de coluna dos valores atribuídos.

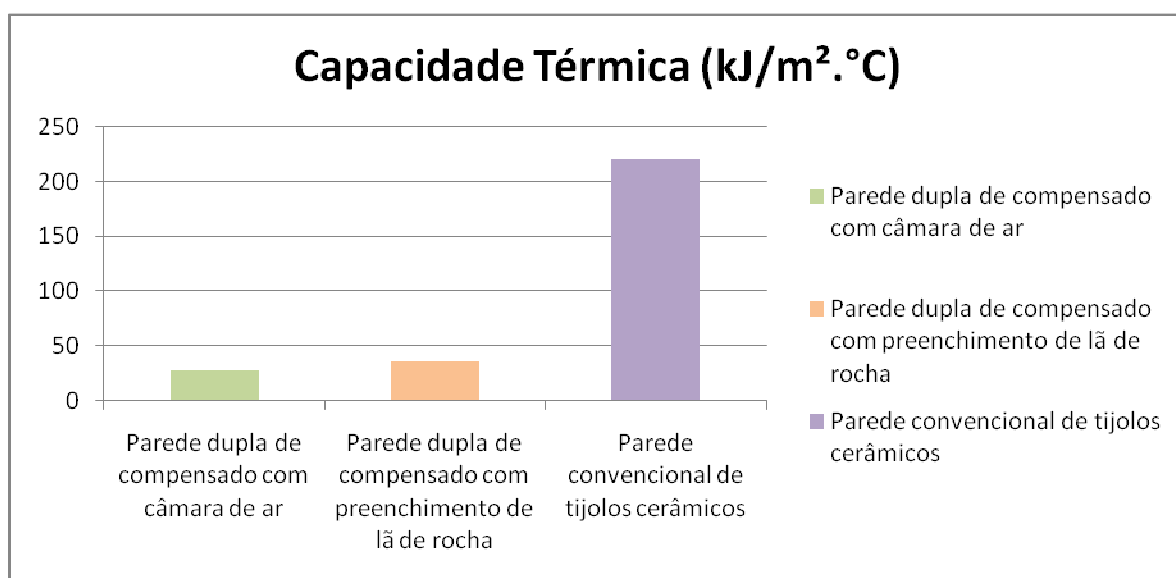


Gráfico 2 - Comparativo entre tipos de paredes quanto à capacidade térmica

Fonte: Autor (2013)

Na Tabela 18, calculou-se os parâmetros iniciais de atraso térmico para o primeiro modelo de parede apresentado:

Tabela 18 - Atraso térmico de parede dupla de compensado com câmara de ar (dados dos materiais)

Atraso Térmico - Elementos heterogêneos com mais de 1 camada (Parede de compensado dupla)							
	Material	e (cm)	λ	c	ρ	Ct	Rt
1. Externa	Compensado	1,5	0,135	2,3	450	15,525	0,1111
2	AR (horizontal/>5)	10		1	1,3	0,13	0,17
3	Compensado	1,2	0,135	2,3	450	12,42	0,0888

Fonte: Autor (2013)

Na Tabela 19, o atraso térmico para o primeiro modelo de parede:

Tabela 19 - Atraso térmico de parede dupla de compensado com câmara de ar

Rt	0,37	$m^2 \cdot ^\circ C/W$
CT	28,075	$kJ/m^2 \cdot ^\circ C$
CT ext	15,525	$kJ/m^2 \cdot ^\circ C$
θ_0	12,55	
θ_1	7,665676	
θ_2	6,597496	
φ (h)	1,93	horas

Fonte: Autor (2013)

Na Tabela 20, calculou-se os parâmetros iniciais de atraso térmico para o segundo modelo de parede apresentado:

Tabela 20 - Atraso térmico de parede dupla de compensado com lã de rocha (dados dos materiais)

Atraso Térmico - Elementos heterogêneos com mais de 1 camada (Parede de compensado dupla com lã de rocha)							
	Material	e (cm)	λ	c	ρ	Ct	Rt
1. Externa	Compensado	1,5	0,135	2,3	450	15,525	0,1111
2	Lã de rocha	10	0,035	0,75	110	8,25	2,8571
3	Compensado	1,2	0,135	2,3	450	12,42	0,0888

Fonte: Autor (2013)

Na Tabela 21, o atraso térmico para o segundo modelo de parede:

Tabela 21 - Atraso térmico de parede dupla de compensado com lã de rocha

Rt	3,057143	$m^2 \cdot ^\circ C/W$
CT	36,195	$kJ/m^2 \cdot ^\circ C$
CT ext	15,525	$kJ/m^2 \cdot ^\circ C$
θ_0	20,67	
θ_1	1,528035	
θ_2	-1,71921	
φ (h)	5,22	horas

Fonte: Autor (2013)

Na Tabela 22, calculou-se os parâmetros iniciais de atraso térmico para o terceiro modelo de parede apresentado:

Tabela 22 - Atraso térmico de parede de alvenaria convencional (dados dos materiais)

Atraso térmico - Elementos heterogêneos com mais de 1 camada (Parede de alvenaria convencional)

	Material	e (cm)	λ	c	ρ	Ct	Rt
1. Externa	Argamassa assentamento/	2	1,15	1	2000	40	0,0173
	2 Tijolo+Argamassa Assentamento	9				140,1905	0,0945
	3 Argamassa assentamento	2	1,15	1	2000	40	0,0173

Fonte: Autor (2013)

Na Tabela 23, o atraso térmico para o terceiro modelo de parede:

Tabela 23 - Atraso térmico de parede de alvenaria convencional

Rt	0,129312	$m^2 \cdot ^\circ C/W$
RT	4,329312	$m^2 \cdot ^\circ C/W$
CT	220,1905	$kJ/m^2 \cdot ^\circ C$
CT ext	40	$kJ/m^2 \cdot ^\circ C$
θ_0	180,1905	
θ_1	314,9205	
θ_2	22,60369	
φ (h)	3,28	horas

Fonte: Autor (2013)

Após os cálculos efetuados para as três condições de paredes, o Gráfico 3 permite a visualização em forma de barras de coluna dos valores atribuídos. Apesar de apresentar grande capacidade térmica, a parede de alvenaria convencional não é o tipo estudado que apresenta o maior atraso térmico, sendo superado pelo sistema de parede dupla de compensado com lã de rocha. Isto se deve ao fato de que o material de preenchimento (lã de rocha) apresenta alta resistência térmica.

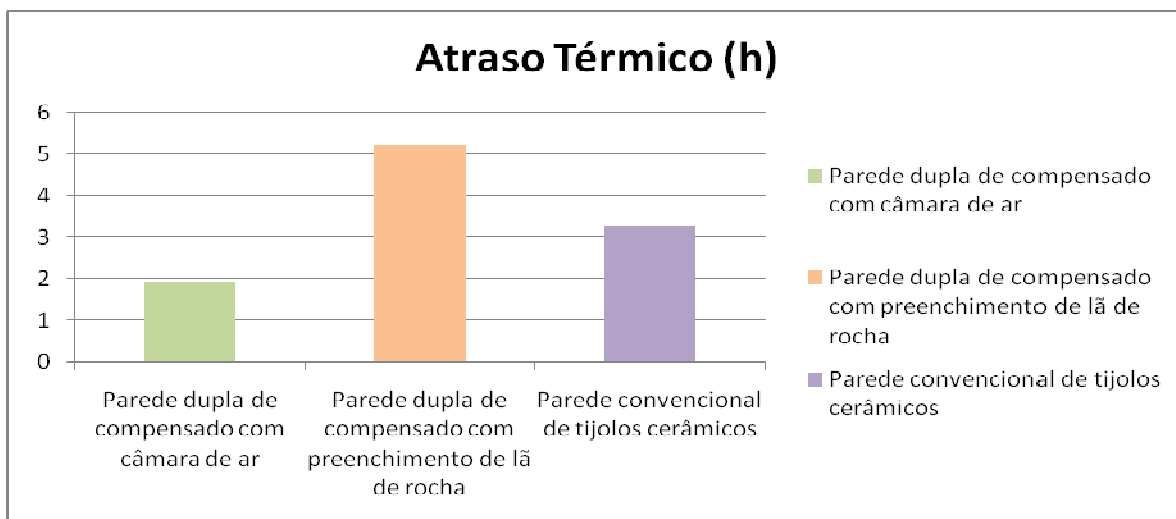


Gráfico 3 – Comparativo entre tipos de paredes quanto ao atraso térmico
Fonte: Autor (2013)

4.5 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS

4.5.1 Dimensionamento do Reservatório de Água Pluvial

Primeiramente, deve-se calcular a demanda mensal para aproveitamento da água de chuva. Com base no padrão de utilização, seguem os volumes demandados e a frequência de cada aparelho sanitário e o volume a ser armazenado (litros/dia), de acordo com a Tabela 24:

Tabela 24 – Dados de demanda interna e externa de água de aproveitamento de chuva

Demanda interna	Unidade	Faixa
Vaso Sanitário - Volume	L/descarga	6 a 15
Vaso Sanitário - Frequência	Descarga/hab/dia	3 a 6
Máquina de lavar roupa - Volume	L/ciclo	100 a 200
Máquina de lavar roupa - Frequência	Carga/hab/dia	0,20 a 0,30
Demanda externa	Unidade	Faixa
Gramado ou jardim - Volume	L/dia/m ²	2
Gramado ou jardim - Frequência	Lavagens/mês	8 a 12
Lavagem de carro - Volume	L/Lavagem/carro	80 a 150
Lavagem de carro - Frequência	Lavagem/mês	1 a 4

Fonte: Tomaz (2000) apud Anecchini (2005)

Na Tabela 25, tomou-se como base de referência de consumo, os valores médios de utilização:

Tabela 25 – Cálculo do volume a ser armazenado (litros/dia) para padrão médio de consumo

Padrão	Médio	
<i>Habitantes</i>	4	litros/dia
Vaso Sanitário - Volume	10,5	
Vaso Sanitário - Frequência	4,5	189
Máquina de lavar roupa - Volume	150	
Máquina de lavar roupa - Frequência	0,25	150
<i>m² de gramado/jardim</i>	50	
Gramado ou jardim - Volume	2	
Gramado ou jardim - Frequência	0,333333	33,4
<i>num. de carros</i>	1	
Lavagem de carro - Volume	115	
Lavagem de carro - Frequência	0,083333	9,6
Volume a ser armazenado (litros/dia)		382

Fonte: Autor (2013)

Na Tabela 26, tomou-se como base de referência de consumo, os valores mínimo de utilização, ou seja, sempre tomando o limite inferior das faixas de utilização:

Tabela 26 - Cálculo do volume a ser armazenado (litros/dia) para padrão mínimo de consumo

Padrão	Mínimo	
<i>Habitantes</i>	4	litros/dia
Vaso Sanitário - Volume	6	
Vaso Sanitário - Frequência	3	72
Máquina de lavar roupa - Volume	100	
Máquina de lavar roupa - Frequência	0,2	80
<i>m² de gramado/jardim</i>	50	
Gramado ou jardim - Volume	2	
Gramado ou jardim - Frequência	0,266667	26,7
<i>núm. de carros</i>	1	
Lavagem de carro - Volume	80	
Lavagem de carro - Frequência	0,033333	2,7
Volume a ser armazenado (litros/dia)		181,4

Fonte: Autor (2013)

Então, após estimar o volume adequado para suprir as necessidades mensais de utilização de água para fins não potáveis, pode-se lançar mão do método de Rippl para dimensionamento do reservatório:

4.5.1.1 Método de Rippl

No método de Rippl, é preciso saber inicialmente:

- a) Área de captação projetada: 75 m²
- b) Coeficiente de escoamento: 80%
- c) Índices pluviométricos mensais médios (retirados da base de dados do INMET para a cidade de Curitiba)

A Tabela 27 mostra os resultados dos cálculos para as condições de 75 m² de área de captação e coeficiente de escoamento superficial de 80%:

Tabela 27 – Cálculo de volume do reservatório de água de chuva pelo método de Rippl

Área de captação = 75 m²
 Coeficiente de escoamento = 80 %

Mês	Chuva média mensal (mm)	Demanda constante mensal (m ³)	Produção de chuva mensal (m ³)	Demanda - Produção (m ³)	Valores positivos (falta de chuva)
Janeiro	171,8	5,46	10,308	-4,848	0
Fevereiro	157,6	5,46	9,456	-3,996	0
Março	138,8	5,46	8,328	-2,868	0
Abril	94,8	5,46	5,688	-0,228	0
Mai	101,0	5,46	6,06	-0,6	0
Junho	115,6	5,46	6,936	-1,476	0
Julho	98,8	5,46	5,928	-0,468	0
Agosto	73,4	5,46	4,404	1,056	1,056
Setembro	119,2	5,46	7,152	-1,692	0
Outubro	133,3	5,46	7,998	-2,538	0
Novembro	126,9	5,46	7,614	-2,154	0
Dezembro	152,3	5,46	9,138	-3,678	0
Volume do reservatório (m³)					1,056

Fonte: Autor (2013)

Como resultado final do método de Rippl, pode-se definir em quais meses ocorrerá falta de água, considerando volume demandado e volume ofertado corrigido.

4.5.1.2 Método Prático Inglês – NBR 15527:2007 - Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos

Conforme método de cálculo prático inglês para dimensionamento de reservatório de águas pluviais, elaborou-se Tabela 28:

Tabela 28 - Cálculo de volume do reservatório de água de chuva pelo método prático inglês

Método Prático Inglês	
Precipitação média anual	123,6 mm
Área de coleta em projeção	75 m ²
Volume de água da cisterna	463,5 L

Fonte: Autor (2013)

O valor calculado por este método é menos que a metade do volume calculado pelo método de Rippl.

4.5.2 Dimensionamento do Reservatório de Descarte de Precipitação Inicial

De acordo com orientações da NBR 15527:2007 - Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos (ABNT, 2007), recomenda-se a instalação no sistema de aproveitamento de água de chuva de um dispositivo para o descarte da água de escoamento inicial, com descarte de 2 mm da precipitação inicial, para casos de falta de dados. Assim, para uma área de coleta de 75m², é preciso descartar 150 litros de precipitação.

Nota-se que o fator de captação da recomendação normatizada de descarte de 2mm da precipitação inicial é baixo, ou seja, a eficiência do sistema de captação, levando-se em conta o dispositivo de descarte de sólidos e desvio de escoamento inicial é extremamente baixa, tornando o volume de água aproveitável reduzido.

4.5.3 Memorial Descritivo do Sistema para Uso e Conservação da Água nas Edificações conforme Decreto 293/2006

De acordo com o Decreto 293/2006, município de Curitiba, torna-se obrigatória a toda edificação o sistema para uso e conservação da água. A seguir, modelo de memorial de cálculo:

Cliente: ...

Endereço da obra: Rua, 00 – Bairro.... – Almirante Tamandaré – PR.

Objeto: Laudo técnico - Data: 00/00/2013.

- 1) INDICAÇÃO FISCAL: **00.000.000**
- 2) INSCRIÇÃO IMOBILIÁRIA: **00.0.0000.0000.00-0**
- 3) TIPO DE EMPREENDIMENTO: Construção de residência unifamiliar em madeira.
- 4) CÁLCULO DE CAPACIDADE DO RESERVATÓRIO COLETOR:

Como regulamenta o decreto 293/2006 no art. 5º, § 1º, o dimensionamento do volume necessário para o reservatório nas edificações habitacionais deverá ser calculado mediante a aplicação da seguinte fórmula:

$$V = N \times C \times d \times 0,25$$

onde:

V – Volume, em litros

N – Número de unidades

C – Consumo diário em litros/dia, de acordo com a quantidade de quartos

D – número de dias de reserva (2)

$$V = 1 \times 600 \times 2 \times 0,25 = 300 \text{ litros}$$

Mesmo que o cálculo apresentado resulte num volume total de 300 litros, segundo o § 3º do art. 5º do decreto 293/2006, deverá ser adotado um reservatório com volume mínimo de **500 litros.**

5) DESCRIÇÃO FUNCIONAL DO SISTEMA:

As águas pluviais captadas na cobertura da edificação serão conduzidas para condutores verticais em PVC 100mm, através de condutores horizontais com inclinação de 1% e diâmetro de 100mm que lançam o efluente num reservatório de fibra com capacidade de 500 litros, situado na cobertura da habitação unifamiliar. O volume armazenado será conduzido por gravidade através de tomada de água em PVC 25mm com um ponto de torneira para se conectar mangueira ou máquina de pressão tipo “WAP” para lavagem de calçadas e irrigação do jardim.

Firmo a presente veracidade de todas as informações contidas neste laudo técnico apresentado sob as penas legais cabíveis.

Engº Responsável ... – CREA PR – 000000/D.

4.6 DIMENSIONAMENTO DE SISTEMA DE AQUECIMENTO SOLAR

O dimensionamento na Tabela 29 é baseado no item de dimensionamento da NBR 15569:2008 – Sistema de aquecimento solar de água em circuito direto – projeto e instalação:

Tabela 29 – Dimensionamento de aquecedor solar				
AQUECIMENTO SOLAR				
CÁLCULO DE CONSUMO DIÁRIO				
Número de moradores =	4			
CONSUMO	Tempo médio de uso (min/pessoa)	Vazão (L/min)	Frequência de uso (uso/pessoa.dia)	VOLUME (L/dia)
Ducha	10	9	1	360
Lavatório	2	3,9	2	62,4
Cozinha	3	4,8	2	115,2
Tanque	3,5	4	1	56
Volume (em litros) a ser consumido por dia				593,6
CÁLCULO DO VOLUME DO SISTEMA DE ARMAZENAMENTO PARA TEMPERATURA DE ARMAZENAMENTO DE 50°C				
Temperatura de consumo =	40 °C			
Temperatura de armazenamento =	50 °C			
Temperatura ambiente =	17,4 °C			
VOLUME DE ARMAZENAMENTO				412 Litros/dia
CÁLCULO DA DEMANDA DE ENERGIA ÚTIL E PERDAS				
Fração solar térmica =	70 %			
Massa específica da água =	1000 kg/m ³			
Calor específico da água =	4,18 kJ/kg.K			
ENERGIA ÚTIL	15,6 kWh/dia			
ENERGIA PERDAS	2,34 kWh/dia			
CÁLCULO DA ÁREA COLETORA				
F _{rα} :	0,696	β	30 °	
F _{rUL} :	5,7292	β recom.	35,5 °	
PMDEE	2,711934	γ	15 °	
		FC _{instal}	1,08977572	
IG =	4,16 kWh/m ² .dia			
ÁREA COLETORA				8,5 m²

Fonte: Autor (2013)

Para uma residência localizada na região Metropolitana de Curitiba, seguem as seguintes características:

1. Quatro moradores
2. Orientação Geográfica: **15° Leste**
3. Inclinação de instalação dos coletores solares: **30°**
4. Água quente na ducha, lavatório, cozinha e tanque.
5. Dados do coletor solar: $F_{rT\alpha}$ médio: 0,696 e F_{rUL} médio: 5,7292 (Estes dados são retirados de acordo com tabela do INMETRO – Sistema e equipamentos para aquecimento solar de água – coletores solares – edição 09/13 ou nas especificações técnicas indicadas no manual do coletor solar adquirido, sendo parâmetros de eficiência dos coletores solares)

Para o cálculo da área coletora deve-se atentar para os fatores de ganhos e perdas do coletor solar, inclinação β do coletor solar e $\beta_{recomend}$ para a latitude da região ($10^\circ +$ latitude de Curitiba $\sim 25,5^\circ$) e ângulo γ que está relacionado ao ângulo de desvio do coletor solar em relação ao norte magnético, sendo $\gamma = 0^\circ$ o ângulo totalmente alinhado ao norte. Recomenda-se $\gamma < 30^\circ$.

O valor de IG é baseado no nível de radiação global diária médio medido na região de Curitiba, obtido do Atlas de Energia Solar – ANEEL. Este valor pode variar em função:

1. Orientação da placa coletora
2. Horário do dia
3. Período do ano
4. Nebulosidade

A Figura 8 apresenta o efeito de termossifão, baseado na diferença de densidades entre os fluidos. Assim, mesmo sem uma bomba hidráulica é possível aquecer a água pelos coletores solares continuamente:

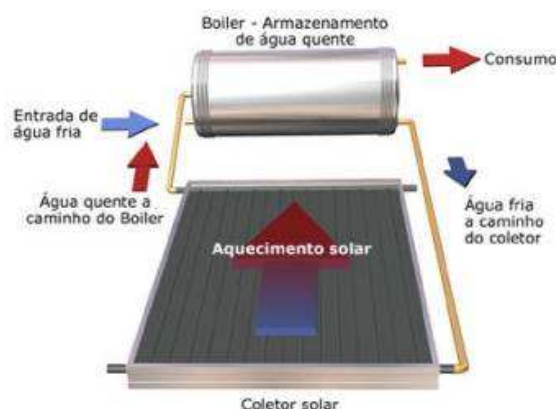


Figura 8 – Esquema de aquecimento solar

Fonte: Rssilva construções piscinas material elétrico (2013) inforssilva.blogspot

4.6.1 Orçamento de Materiais para Confecção do Coletor Solar para Sistema de Aquecimento Solar de Baixo Custo

A confecção do coletor solar utilizando materiais acessíveis é uma alternativa aos modelos prontos comercializados atualmente. O sistema é simplificado e tem como objetivo proporcionar os benefícios da aquecimento solar para uma extensão maior da população. A Tabela 30, elaborada por Radaskievicz (2013), indica os materiais e preços atribuídos para confecção de coletor solar para 4 pessoas – 500 litros:

Tabela 30 – Orçamento de materiais para confecção de coletor solar de baixo custo com capacidade para 500 litros

Coletor solar para 4 pessoas (~ 500 litros)				
MATERIAL	UNIDADE	QUANT.	Preço Unitário	Preço Total
Placa PVC modula 62x125cm	Unit.	8	R\$ 35,00	R\$ 280,00
Chapa isopor 1 x 1,3 - e=2 cm	Unit.	8	R\$ 3,00	R\$ 24,00
Tubo PVC AF Ø 32 mm	br 6 m	2	R\$ 29,00	R\$ 58,00
Luva PVC Ø 32 mm	Unit.	16	R\$ 0,95	R\$ 15,20
Adaptador PVC Ø 32 mm para 1"	Unit.	2	R\$ 0,95	R\$ 1,90
Joelho Ø 32 mm	Unit.	4	R\$ 3,00	R\$ 12,00
CAP PVC Branco 1"	Unit.	2	R\$ 0,70	R\$ 1,40
CAP PVC Marrom 32mm	Unit.	6	R\$ 1,05	R\$ 6,30
Adesivo bicomponente (Plexus 100 ou Araldite 24 hrs)	Kit	8	R\$ 16,00	R\$ 128,00
Tinta preta fosca	Lata 0,9 l	2	R\$ 20,00	R\$ 40,00
				R\$ 566,80

Fonte: Adaptado de Radaskievicz (2013)

4.7 DIMENSIONAMENTO DE SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTO POR ZONA DE RAÍZES

4.7.1 Dimensionamento de Tanque Séptico - NBR 7229:1993 – Projeto, Construção e Operação de Sistemas de Tanques Sépticos

Como parâmetros de projeto foram adotados os seguintes dados, de acordo com Tabela 31:

- a) Pessoas atendidas: 4
- b) Padrão da contribuição de despejos e contribuição de lodo fresco: Médio
- c) Intervalo entre limpezas: 1 ano
- d) Temperatura média do mês mais frio: $t < 10$. (Apesar da média em Julho, mês mais frio em Curitiba, estar entre 13° C e 14°C)

Tabela 31 – Parâmetros iniciais de dimensionamento de fossa séptica

DADOS DE PROJETO		SELECIONE	
NÚMERO DE PESSOAS OU UNIDADES DE CONTRIBUIÇÃO	N	Pessoas atendidas:	4
CONTRIBUIÇÃO DE DESPEJOS, EM LITRO/PESSOA x DIA (TAB.1)	C	p/ 1.1.2 Padrão Médio	130
CONTRIBUIÇÃO DIÁRIA (VAZÃO DIÁRIA)	L	N x C	520
PERÍODO DE DETENÇÃO, EM DIAS (TAB.2)	T	p/ Até 1500	1
TAXA DE ACUMULAÇÃO DE LODO DIGERIDO, EM DIAS, EQUIVALENTE AO TEMPO DE ACUMULAÇÃO DE LODO FRESCO (TAB.3)	K	1 ano de intervalo de limpeza p/ $t \leq 10$	94
CONTRIBUIÇÃO DE LODO FRESCO, EM LITRO/PESSOA x DIA (TAB.1)	Lf	p/ 1.1.2 Padrão Médio	1
VOLUME ÚTIL DO TANQUE SÉPTICO (litros)	V	1,896 m³	1896 L

Sendo t = temperatura média do mês mais frio.

Fonte: Adaptado da ABNT NBR 7229:1993(2013)

Na Tabela 32, verifica-se os valores de C e Lf, conforme tipo de ocupação e padrão:

Tabela 32 – Contribuição de esgoto e de lodo fresco

Tabela 1 - Contribuição diária de esgoto [C] e de lodo fresco (Lf) por tipo de prédio e de ocupante

Ocupação	Unidade	Contribuição de esgotos [C]	Lodo fresco (Lf)
1. Ocupantes permanentes			
1.1 Residências			
1.1.1 Padrão Alto	peessoa	160	1
1.1.2 Padrão Médio	peessoa	130	1
1.1.3 Padrão Baixo	peessoa	100	1
1.2 Hotel (exceto lavanderia e cozinha)	peessoa	100	1
1.3 Alojamento provisório	peessoa	80	1
2. Ocupantes temporários			
2.1 Fábrica em geral	peessoa	70	0,3
2.2 Escritório	peessoa	50	0,2
2.3 Edifícios Públicos ou comerciais	peessoa	50	0,2
2.4 Escolas (externatos) e locais de longa permanência	peessoa	50	0,2
2.5 Bares	peessoa	6	0,1
2.6 Restaurantes e similares	refeição	25	0,1
2.7 Cinemas, teatros e locais de curta permanência	lugar bacia	2	0,02
2.8 Sanitários públicos	sanitária	480	4

Fonte: Adaptado da ABNT NBR 7229:1993(2013)

Na Tabela 33, encontram-se os valores de tempo de detenção dos despejos de acordo com o valor de contribuição diária:

Tabela 33 – Período de detenção dos despejos, por faixa de contribuição diária

Tabela 2 - Período de detenção dos despejos, por faixa de contribuição diária

Contribuição diária [L]	Tempo de detenção	
	Dias	Horas
Até 1500	1	24
de 1501 a 3000	0,92	22
de 3001 a 4500	0,83	20
de 4501 a 6000	0,75	18
de 6001 a 7500	0,67	16
de 7501 a 9000	0,58	14
Mais que 9000	0,5	12

Fonte: Adaptado da ABNT NBR 7229:1993(2013)

Na Tabela 34, de acordo com a variável de temperatura média do mês mais frio e intervalo projetado de limpeza, encontra-se a taxa de acumulação total de lodo.

Tabela 34 – Taxa de acumulação total de lodo

Tabela 3 - Taxa de acumulação total de lodo [K], em dias, por intervalo entre limpezas e temperatura média do mês mais frio

Intervalo entre limpezas (anos)	Valores de K por faixa de temperatura ambiente (t), em Celsius		
	t ≤ 10	10 ≤ t ≤ 20	t > 20
1	94	65	57
2	134	105	97
3	174	145	137
4	214	185	177
5	254	225	217

Fonte: Adaptado da ABNT NBR 7229:1993(2013)

A Tabela 35 determina as dimensões da fossa séptica.

Tabela 35 – Profundidades úteis mínima e máxima

Tabela 4 - Profundidade útil mínima e máxima, por faixa de volume útil

Volume útil (m ³)	Profund. útil mín. (m)	Profund. útil máx. (m)
Até 6,0	1,2	2,2
de 6,0 a 10,0	1,5	2,5
Mais que 10,0	1,8	2,8

Fonte: Adaptado da ABNT NBR 7229:1993(2013)

4.7.2 Dimensionamento de Sistema de Tratamento de Esgoto por Zona de Raízes

Considerando a caracterização secundária do tratamento de esgoto por zona de raízes conseqüente à fossa séptica, o dimensionamento desse sistema de tratamento de esgoto depende dos seguintes fatores:

1. Volume em m³/dia;
2. Análises do efluente a ser tratada (DBO e DQO);
3. Análises do solo;
4. Exigências dos Órgãos do Meio Ambiente (legislação ambiental);
5. Profundidade do lençol freático
6. Tipo de vegetação a ser empregada

Embora o dimensionamento adequado seja o fator fundamental para um bom funcionamento, outros fatores devem ser levados em consideração:

1. Material do leito filtrante
2. Pré-tratamento

3. Periodicidade de manutenção
4. Saúde das plantas
5. Evapotranspiração

Na composição do sistema de tratamento de esgoto por zona de raízes da habitação unifamiliar, adotou-se 1m²/pessoa de área do sistema subsuperficial, com tratamento vertical. Portanto a área ocupada pela ETE é de 4m², cuja profundidade total é de 1m, sendo 0,35m de areia com granulometria média ou grossa, 0,45m de brita 2 e 0,20m de zona de raízes. A tubulação de despejo e distribuição do efluente da fossa séptica foi projetada à 10 cm de profundidade, ao passo que a impermeabilização é por meio de lona plástica resistente ou concreto armado, conforme Figura 9.

No tocante à perspectiva descentralizada de tratamento de esgotos, a utilização das Zonas de Raízes como ferramenta introdutória do conceito pode ser bastante promissora, pois seus princípios de funcionamento simples podem ser compreendidos por indivíduos sem experiência no assunto, além de promover uma reflexão sobre a correta destinação de seus próprios dejetos sem ocasionar impacto ao meio natural e à saúde da população de entorno.

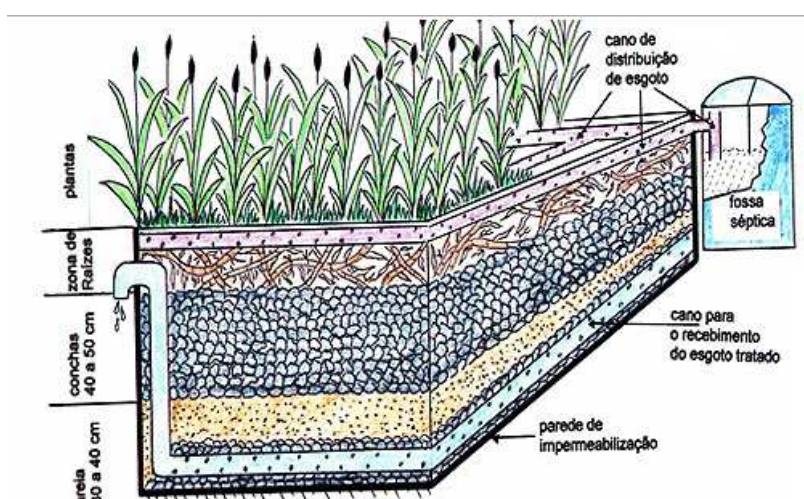


Figura 9 – Composição de uma ETE por zona de raízes
Fonte: Ong seca verde (2012)

4.8 PROJETO DE TELHADO VERDE

A construção de um telhado verde exige uma série de cuidados com relação à impermeabilização, às sobrecargas na estrutura, à seleção das plantas, ao sistema de drenagem e determinação de qual sistema de cobertura verde é a mais adequada do ponto de vista de preferência dos moradores, dos custos de aquisição, instalação e manutenção e da viabilidade técnica.

Para o estudo de caso, projetou-se levando em consideração principalmente a facilidade de instalação, sobrecarga na estrutura e custos. Como solução para o telhado-verde da edificação, optou-se pelo sistema alveolar, que mesmo não se chamando de sistema modular, apresenta certas características de modulação, conferidas pelos módulos já com as plantas que se encaixam com praticidade.

Por se tratar de um telhado verde e não uma laje ou terraço, há uma declividade natural aos telhados. Para a edificação em questão, projetou-se para cobertura verde de meia-água, para sobrar área de captação das águas pluviais para o sistema de aproveitamento destas águas. Embora existam sistemas de cobertura verde, como o laminar, que aproveitam as águas que atravessam o sistema, não foi possível optar por esta solução, pela maior complexidade exigida.

A estrutura do telhado é convencional, com tesouras, terças e ripas. A diferença está na colocação de chapas de compensado naval sobre a estrutura para servir como uma espécie de plataforma ou piso para as camadas necessárias para a cobertura vegetal. Além disso, é sempre importante lembrar das exigências técnicas do telhado verde, como rigorosa impermeabilização e sistema de drenagem.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1 CONCLUSÕES

Existem diversos trabalhos que contemplam como assunto a construção sustentável. Diante de tantas possibilidades de técnicas inovadoras e até mesmo da retomada de técnicas esquecidas, nota-se a progressiva valorização dos métodos alternativos de sistemas estruturais, de saneamento básico, de energias alternativas e de materiais de construção.

Ao longo deste presente trabalho, puderam-se observar com detalhes os estudos climatológicos a favor das construções mais confortáveis e claro, sustentáveis. Diversas modelagens, como a carta solar ou a carta bioclimática, procuram as medições mais precisas e os resultados mais próximos de uma solução ótima. É o esforço da ciência para entender aquilo que é natural que gera, em espaços acadêmicos, empresariais, midiáticos e outros tantos interessados, novos modos de se criticar e de se compreender tudo o que nos cerca, literalmente.

A elaboração de projetos em si, da maneira como foi proposta, depende de tantas áreas do conhecimento humano, que se pode perder dias, meses e até anos em busca de um único parâmetro, na verdade, da aproximação mais perfeita possível e calculável deste parâmetro.

As técnicas da construção sustentável foram eleitas e assim os projetos elaborados buscaram contemplar as particularidades de cada uma, passando pelos métodos de dimensionamento e de recomendações técnicas e normativas. Em diversos momentos, observou-se a inexistência de um método consagrado ou uma técnica à prova de falhas. Por isso, procurou-se determinar um equilíbrio entre os resultados numéricos, entre as vantagens e desvantagens dos sistemas.

Discutindo custos, eficiências, tempos e toda gama de variáveis produtivas e econômicas da forma imediatista como são usualmente discutidos, corre-se o risco de se não perguntar para os números e planilhas de controle se ainda haverá o que ser discutido daqui há uns tempos, se dará tempo de mudar verdadeiramente os rumos.

5.2 SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

Como sugestão para futuros trabalhos podem-se citar o maior detalhamento dos critérios de escolha das técnicas da construção sustentável e o aprofundamento dos métodos de dimensionamentos, apresentando uma confiabilidade maior.

Em relação aos projetos, sabe-se que construtivamente o ideal é gerar desenhos, cortes e detalhamentos, especificações e orçamentos com especial atenção, com o intuito de facilitar a leitura e obviamente a execução em si daquilo que está contido nas pranchas de projeto.

Todas as partes deste trabalho podem ser melhoradas com novos conhecimentos, trazendo para as argumentações maior rigor científico e integração de ideias.

REFERÊNCIAS

- ABEAMA – Associação Brasileira de Energias Renováveis e Meio Ambiente (2012). Energia Eólica. Disponível em: < <http://www.abeama.org.br/pagina.asp?pag=ereolica> >. Acesso em 13 de junho de 2012.
- ABRAVA. Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento. (2009). Disponível em: <http://www.abrava.com.br>. Acesso em: 12 de junho de 2012.
- ANNECCHINI, Karla P. V. Aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis na cidade de Vitória (ES). Dissertação (Mestrado). 2005, 150p. Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, 2005.
- ÂNGULO, S.C. **Caracterização de agregados de resíduos de construção e demolição reciclados e a influência de suas características no comportamento de concretos**. Tese (Doutorado). 2005, 236p. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2005.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2007). Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos. NBR 15527. Rio de Janeiro: ABNT. 12p.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2003). Desempenho térmico em edificações. NBR 15220. Rio de Janeiro: ABNT. 66p.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. (1989). Instalações prediais de águas pluviais. NBR 10844. Rio de Janeiro: ABNT. 13p.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. (1993). Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. NBR 7229. Rio de Janeiro: ABNT. 15p.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. (1992). Projeto de captação de água de superfície para abastecimento público. NBR 12213. Rio de Janeiro: ABNT. 5p.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. (1997). Projeto de estruturas de madeira. NBR 7190. Rio de Janeiro: ABNT. 107p.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2008). Sistema de aquecimento solar de água em circuito direto – Projeto e Instalação. NBR 15569. Rio de Janeiro: ABNT. 36p.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. (1997). Tanques sépticos – unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – projeto e operação. NBR 13969. Rio de Janeiro: ABNT. 60p.
- BEGOSSO, Larissa. **Determinação de parâmetros de projeto e critérios para dimensionamento e configuração de wetlands construídas para tratamento de água cinza**. Dissertação (Mestrado). 2009, 43p. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Campo Grande, 2009.
- BRANDÃO, M. G. S.; SILVA, O. J. C.; VASQUEZ, E. G. **Bioconstrução: Aplicabilidade no meio rural como forma de desenvolvimento sustentável e possibilidades de uso no ambiente urbano**. SIMPGEU – Simpósio de Pós-Graduação em Engenharia Urbana – 27 e 28 de agosto de 2009. Maringá, Brasil.

Disponível em <<http://www.dec.uem.br/simpgeu/pdf/101.pdf>>. Acesso em 13 de junho de 2012.

BRASIL. ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Energia Eólica. Disponível em <[http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/06-energia_eolica\(3\).pdf](http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/06-energia_eolica(3).pdf)> Acesso em 04 de junho de 2012.

BRASIL. IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Pesquisa nacional de saneamento básico. 2000. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb/default.shtm>> acesso em 04 de junho de 2012.

CARMO, M. I. de S. **Manual da Prática da Compostagem Doméstica**. Disponível em: <<http://www.cm-pacosdeferreira.pt/NR/rdonlyres/637D234E-B24D-40B1-8846-5F3685BDD802/16561/ManualdeCompostagem.pdf>>. Acesso em 9 de junho de 2012.

CARR, Richard; **Re-use of Process Water in the Food and Beverage Industries**. Pretoria, South Africa, 2000.

CASTRO, A. S., GOLDENFUM, J. A.; **Uso de Telhados Verdes no Controle Qualitativo Quantitativo do Escoamento Superficial Urbano**. In: VIII Encontro Nacional de Águas Urbanas. - Rio de Janeiro, 2008.

CLARK, M. **Ariadne's thread: the search for new ways of thinking**. Macmillan, Basingstoke, 1989.

CODEX ALIMENTARIUS. Codex Alimentarius Commission: Codex Committee on Food Hygiene. **Proposed Draft Guidelines for the Hygienic Reuse of Processing Water in Food Plants**. Joint FAO/WHO Food Standards Programme, 34th Session, Bangkok, Thailand, 2001.

COMISSÃO DE DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE DA AMÉRICA LATINA E CARIBE (CDMAALC). Nossa própria agenda. S. I.: BID/PNUD/Pnuma, 1991.

COLIN, Silvio. **Pos-modernismo: repensando a arquitetura**. Rio de Janeiro: UAPÊ, 2004. DICIONÁRIO DE CIÊNCIAS SOCIAIS. Fundação Getúlio Vargas, Instituto de documentação. Rio de Janeiro: Editora Fundação Getúlio Vargas, 1986.

COMISSÃO de Desenvolvimento e Meio Ambiente da América Latina e do Caribe (CDMAALC) (1990). Nossa própria agenda. Rio de Janeiro, Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD)/Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID).

CONTE, Emilia; MONNO, Valeria; **Beyond the buildingcentric approach: A vision for an integrated evaluation of sustainable buildings**. Environmental Impact Assessment Review 34. 2012.

DING, GRACE K. C.; **Sustainable Construction – The role of environmental assessment tools**. Journal of Environmental Management 86. 2008.

DOSSAT, Roy J.; TORREIRA, Raul P.; **Princípios De Refrigeração: Teoria, Prática, Exemplos, Problemas, Soluções**. São Paulo: Hemus, 2004.

DUARTE, A. **O reuso de águas servidas: Uma alternativa econômica válida**. 70 p. Monografia (Especialista) - Organização Superior de Ensino, Centro de pós graduação, Itapetininga, 2007.

ECOCENTRO IPEC – Instituto de Permacultura e Ecovilas do Cerrado (2012). Disponível em: <<http://www.ecocentro.org/vida-sustentavel/permacultura/>> Acesso em: 12 de junho de 2012.

ERCOLE, Luiz A. dos S. **Sistema modular de gestão de águas residuárias domiciliares : uma opção mais sustentável para a gestão de resíduos líquidos.** Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, 2003.

ESPANHA. IEHAM - INSTITUTO DE ESTÚDIOS DEL HAMBRE. Disponível em <<http://www.ieham.org/html/index2.asp?lengua=1>>. Acesso em 04 de junho de 2012.

FELIX, Luis F. C. **O processo de projeto de uma edificação mais sustentável: contribuições relativas ao programa arquitetônico.** Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2008.

FERREIRA, L. C. **Sustentabilidade: uma abordagem histórica da sustentabilidade.** In: BRASIL. Encontros e Caminhos: Formação de Educadoras(es) Ambientais e Coletivos Educadores. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005.

FENDRICH, R.; OLIYNIK, R. **Manual de utilização das águas pluviais: 100 Maneiras Práticas.** Curitiba: Livraria do Chain Editora, 2002.

GAVINO, Natália Azevedo. **Energia Eólica: uma análise dos incentivos à produção (2002-2009).** Monografia. Instituto de Economia. Universidade Federal do Rio de Janeiro. RJ, 2011.

GERHARDT, C. H.; ALMEIDA, J. **A invenção de uma “problemática ambiental”.** Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/pgdr>>. Acesso em: 04 de junho de 2012.

GIVONI, Baruch. **Confort, climate analysis and building design guidelines.** Energy and Building, 3 ed. Princeton, University Press, 1992.

GONÇALVES, Helder; GRAÇA, João M.; **Conceitos bioclimáticos para os edifícios em Portugal.** Lisboa, Nov. 2004.

GUY, S; FARMER, G. **Reinterpreting sustainable architecture: the place of technology.** J Architect Educ. 2001.

HABERT, G; E. CASTILLO, E; VINCENS, E; MOREL, J. C.; **Power: A new paradigm for energy use in sustainable construction.** Ecological indicators 23. 2012.

IDHEA - Instituto para o Desenvolvimento da Habitação Ecológica. Disponível em <<http://www.idhea.com.br/>> Acesso em 04 de junho de 2012.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Energy Efficiency, Electricity Demand and Smart Grids.** Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <http://www.iea.org/speech/2010/bradley_rio.pdf>. Acesso em: 12 de junho de 2012.

JOHANESBURGO, Conferência de; Cúpula Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável, 2002.

JOLY, A. B. **Botânica: introdução à taxonomia vegetal.** 5. ed. São Paulo: Nacional, 1979

KOENIG, K. **Rainwater harvesting: public need or private pleasure?** Water 21, London: IWA, feb, p. 56-58, 2003.

LAMBERTS, Roberto; GHISI, Eneidir; ABREU, Ana L. P. de; CARLO, Joyce C. **Desempenho térmico de edificações.** Universidade Federal De Santa Catarina: Laboratório De Eficiência Energética Em Edificações, 2005.

LENGEN, Johan Van. Manual Prático do Arquiteto Descalço. Ed.: UFRGS, Porto Alegre.

MELO, M. M. de. **Capitalismo versus sustentabilidade: o desafio de uma nova ética ambiental.** Florianópolis: Ed. da UFSC, 2006.

MENDONÇA, Francisco; DANNI-OLIVEIRA, Inês M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil.** São Paulo, SP: Oficina de Textos, 2007.

MINKE, Gernot. **Techos Verdes.** Espanha: EcoHabitar. 2005.

MONTIBELLER-FILHO, G. **O mito do desenvolvimento sustentável: meio ambiente e custos sociais no moderno sistema produtor de mercadorias.** 3. ed. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2008.

MWASHA, Abraham; WILLIAMS, Rupert G.; IWARO, Joseph; **Modeling the performance of residential building envelope: The role of sustainable energy performance indicators.** Energy and Buildings. 2011.

PAUL, Warren L.; TAYLOR, Peter A.; **A comparison of occupant comfort and satisfaction between a green building and a conventional building.** Building and Environmental 43. 2008.

PEDRINI, A de G. **I Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento (1972) e a AGENDA 21 (1992): uma reflexão política para a Educação Ambiental.** In: MATA, S. ;VASCONCELLOS, H.(Orgs.) Educação Ambiental em Debate; 20 anos pós-Tbilisi, 1997, PUC-RJ/UFRJ, p. 125-129.

PEREIRA, E. B.; MARTINS, F. R.; ABREU, S. L.; RÜTHER, R. **Atlas Brasileiro de Energia Solar.** São José dos Campos: INPE, 2006.

RASDASKIEVICZ, Tiago. Tabela 30. Adaptação de tabela orçamentária. 2013

SATTLER, M. A. **Edificações e comunidades sustentáveis: atividades em desenvolvimento no NORIE/UFRGS.** In: IV seminário ibero-americano da rede cyted XIV.C. Rio Grande do Sul, 2006.

SCHENINI, P. C.; BAGNATI, A. M. B.; CARDOSO, A. C. F. **Gestão de resíduos da construção civil.** In: Cobrac — Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário. Florianópolis: UFSC, de 10 a 14 de outubro de 2004.

SEZERINO, P.H. & PHILIPPI, L.S. **Filtro plantado com macrófitas (wetlands) como tratamento de esgotos em unidades residenciais: critérios para dimensionamento.** In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 22, 2003, Joinville - Brasil. ABES - Associação brasileira de engenharia sanitária e ambiental.

SHI, Long; CHEW, Michael Y. L.; **A review on sustainable design of renewable energy systems.** Renewable and Sustainable Energy Reviews 16. 2012.

SILVA, D. da, C. C., Sc: **Sustentabilidade Corporativa**. In: Anais VI Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia - SEGeT, Resende, RJ, 2009.

SILVA, Daniela Custódia. **Compostagem: uma alternativa para os dejetos animal e vegetal**. Centro Universitário de Caratinga – UNEC. Caratinga, MG. 2007.

SINDUSCON-SP. **Gestão ambiental de resíduos da construção civil: a experiência do Sinduscon-SP**. São Paulo, SP, 2005. Disponível em: <http://www.gerenciamento.ufba.br/downloads/manual_residuos_solidos.pdf>. Acesso em: 12 junho 2012.

SJÖSTRÖM, Ch. **Durability and sustainable use of building materials**. In: Sustainable use of materiais. J.W. Llewellyn & H. Davies editors. London: BRE/RILEM, 1992.

SNODGRASS, Edmund C; MCINTYRE, Linda. **The Green Roof Manual: a Professional guide to design, installation, and maintenance**. Emory Knoll Farms, Inc. 2013.

SULLIVAN, Esther; WARD, Peter M.; **Sustainable housing applications and policies for low-income self-build and housing rehab**. Habitat International 36. 2012.

TESSARI, Rodolfo K. Tabelas 9, 10 e 11. 2013. Adaptação de tabelas de quantitativo de materiais e orçamentária. 2013

THE INTERNATIONAL COUNCIL FOR RESEARCH AND INNOVATION IN BUILDING AND CONSTRUCTION (CIB). Agenda 21 for Sustainable Construction in Developing Countries: A discussion document. Pretoria, 2002. Disponível em: www.cibworld.nl/web-site/priority_themes/agenda21book.pdf.

VAN KAICK, T. S. **Estação de tratamento de esgoto por meio de zona de raízes: uma proposta de tecnologia apropriada para saneamento básico no litoral do Paraná**. 2002. 128 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

VASUDEVAN, P.; PATHAK, N. **DRWH water quality: A literature review**. Centre for rural development & technology. Indian Institute of Technology, Delhi, India. Disponível em: < <http://www.eng.warwick.ac.uk/DTU/pubs/rwh.html>>. Acesso em: 01 fev. 2005.

Ilustrações:

Fotografia 1: Recicloteca – Centro de informações sobre reciclagem e meio ambiente (2013) Disponível em: www.recicloteca.org.br

Figura 1: BB1 Presencial 2 Pin (2013). Disponível em: <http://dc317.4shared.com/doc/wHQLrmt9/preview.html>

Fotografia 2: Nijen Paisagismo e Meio Ambiente. Disponível em: http://projetoplanteumarvore.blogspot.com.br/2010_08_01_archive.html

Quadro 1: Apresentação energia solar fotovoltaica, Bruno Alves (2013). Disponível em: <http://www.slideshare.net/Voltaicas/energia-solar-fotovoltaica>

Fotografia 3: Painel solar caseiro - fórum snk-neofighters (2013). Disponível em: <http://www.snk-neofighters.info/forum/showthread.php?6376-Painel-Solar-Caseiro-Economize-Energia-e-fa%C3%A7a-o-seu>

Quadro 2: Centro de referência para energia solar e eólica Sérgio de Salvo Brito (2013). Disponível em: www.cresesb.cepel.br

Figura 2: Tecverde Construindo com sustentabilidade (2013). Disponível em: www.tecverde.com.br

Quadro 3: Arquitetura e Sustentabilidade (2013). Disponível: <http://arquiteturaesustentabilidade.com>

Fotografia 5: Ecofidelidade – programa de incentivo ao consumo sustentável (2013). Disponível em: www.ecochoice.com.br

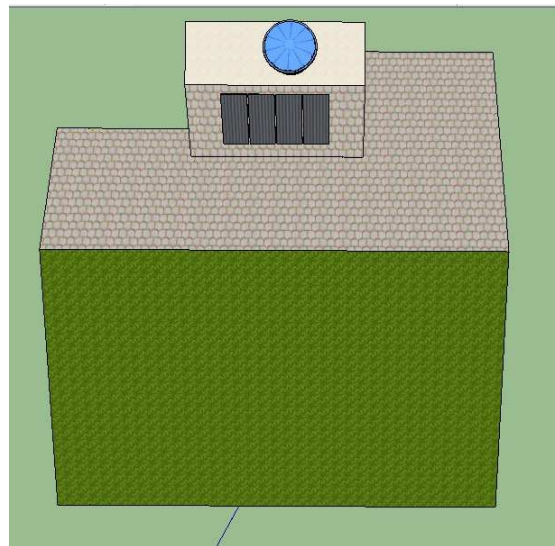
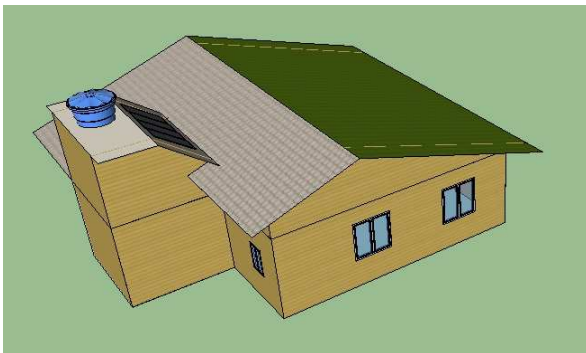
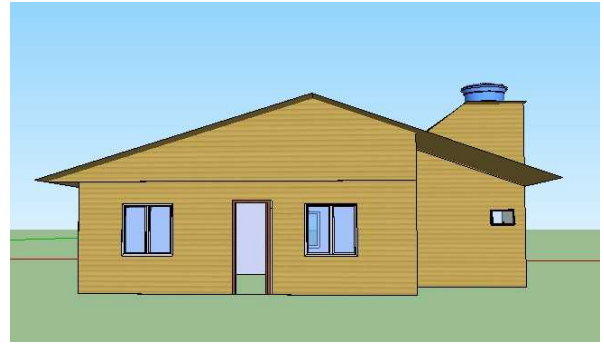
Figura 6: Mcmv de madeira (2013). Disponível em: <http://incorporacaoimobiliaria.com/2013/09/04/mcmv-de-madeira/>

Figura 7: Ecotelhado soluções em infraestrutura verde (2013). Disponível em: www.ecotelhado.com.br

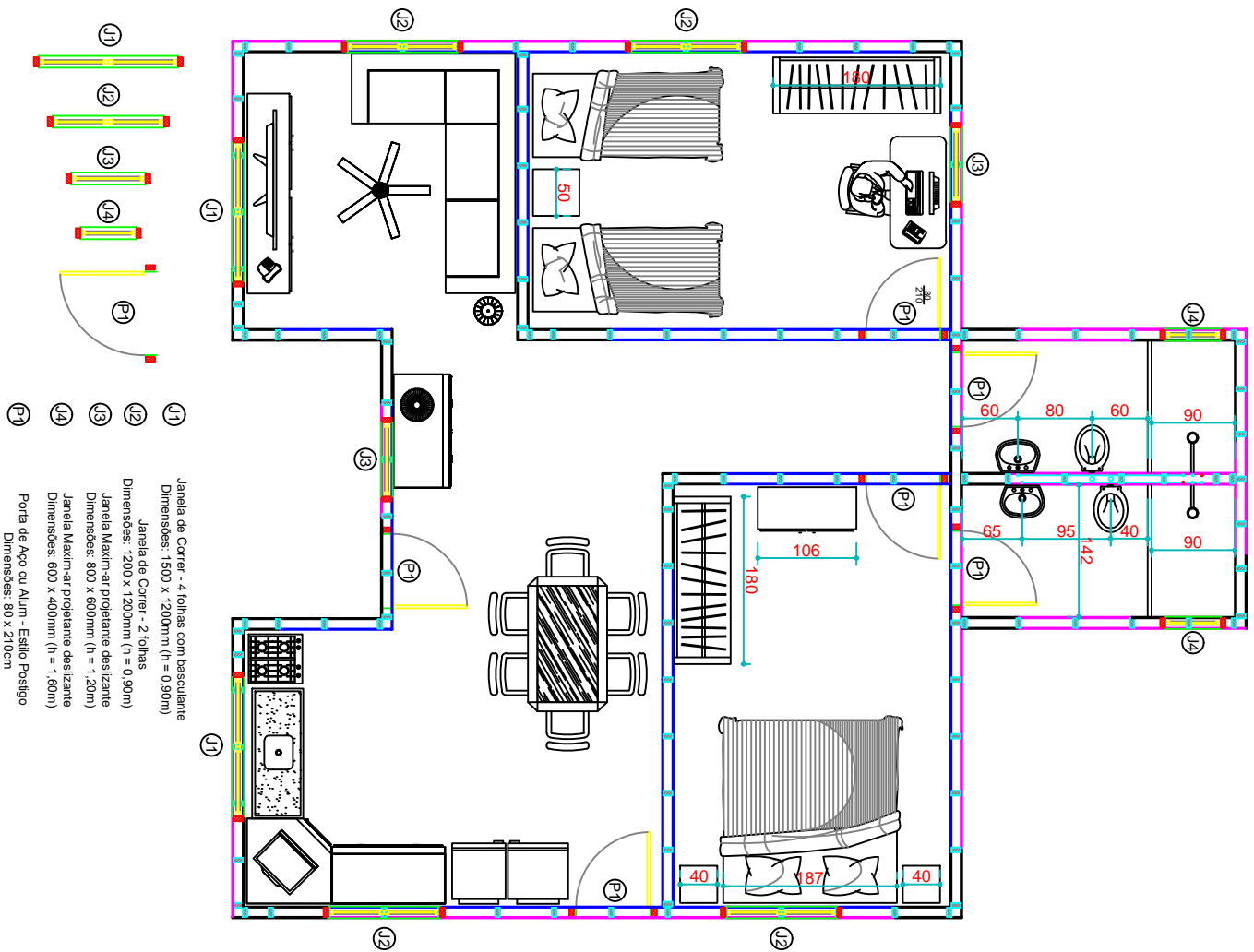
Figura 8: Rssilva construções piscinas material elétrico (2013). Disponível em: inforssilva.blogspot

Figura 9: Ong seca verde (2013). Disponível em: <http://secaverde.blogspot.com.br/2012/06/tratando-o-esgoto-pela-raiz.html>

APÊNDICE A - Projeto Arquitetônico – Modelagem 3D (Sketchup)



APÊNDICE B - Prancha 1 – PLANTA BAIXA



PLANTA BAIXA
Escala 1:75

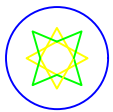
CONFERIR MEDIDAS NO LOCAL

- 11) Janela de Correr - 4 folhas com basculante
Dimensões: 1500 x 1200mm (h = 0,90m)
- 12) Janela de Correr - 2 folhas
Dimensões: 1200 x 1200mm (h = 0,90m)
- 13) Janela Maxlr-ar projetante deslizante
Dimensões: 800 x 600mm (h = 1,20m)
- 14) Janela Maxlr-ar projetante deslizante
Dimensões: 600 x 400mm (h = 1,60m)
- 15) Porta de Aço ou Alum. - Estilo Postigo
Dimensões: 80 x 210cm

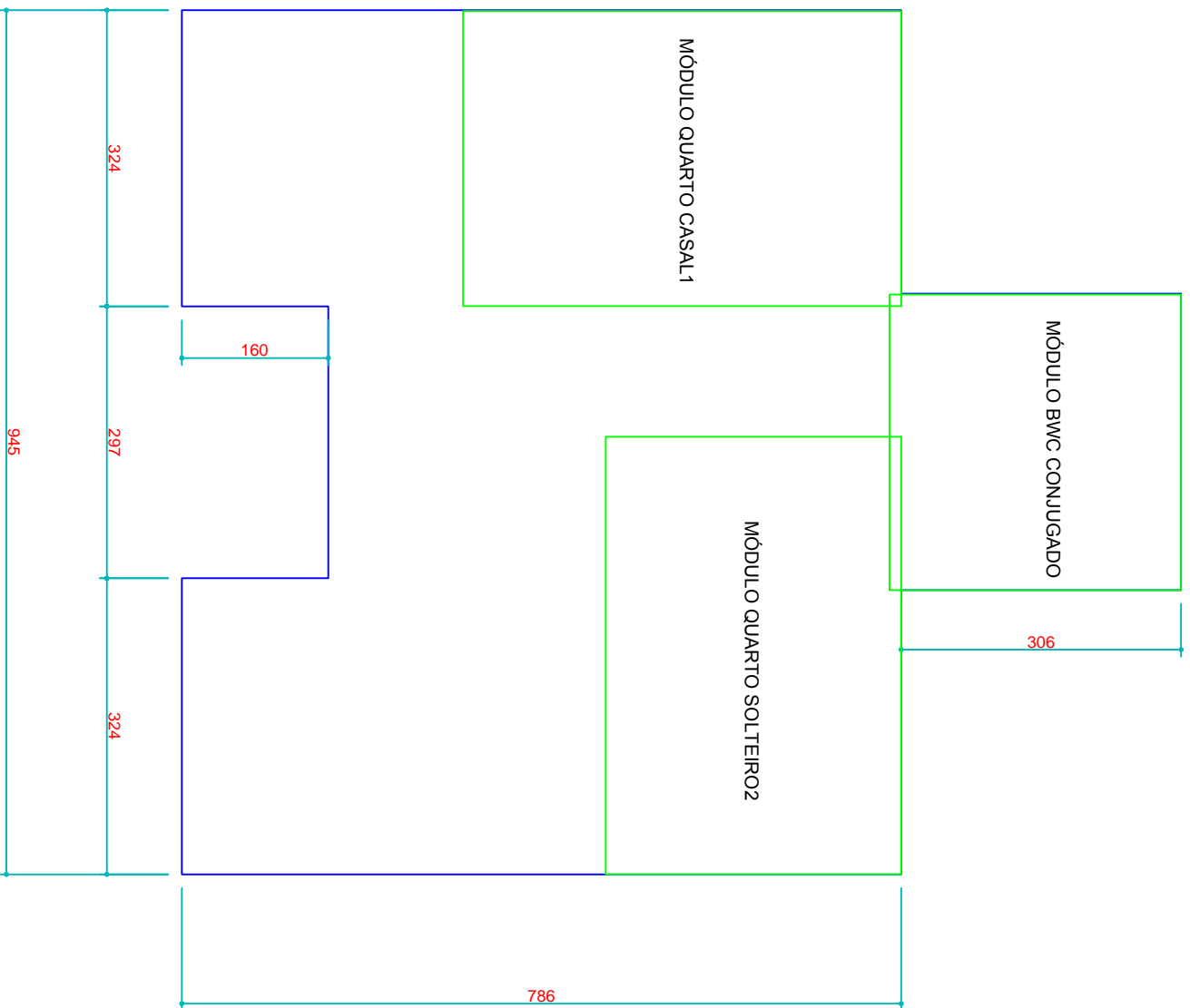
OBRA: RESIDÊNCIA SR. JOHN
 PROJETO: SR. JACK
 Eng.º CIVIL – CREA 00000-00 D

DATA: OUT/2013
 DESENHO: XXXX

PRANCHA: 01



APÊNDICE C - Prancha 2 - MÓDULOS



MÓDULOS
Escala 1:75

CONFERIR MEDIDAS NO LOCAL

OBRA:

RESIDÊNCIA SR. JOHN

DATA

OUT/2013

PRANCHA

PROJETO:

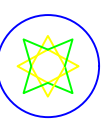
SR. JACK

DESENHO

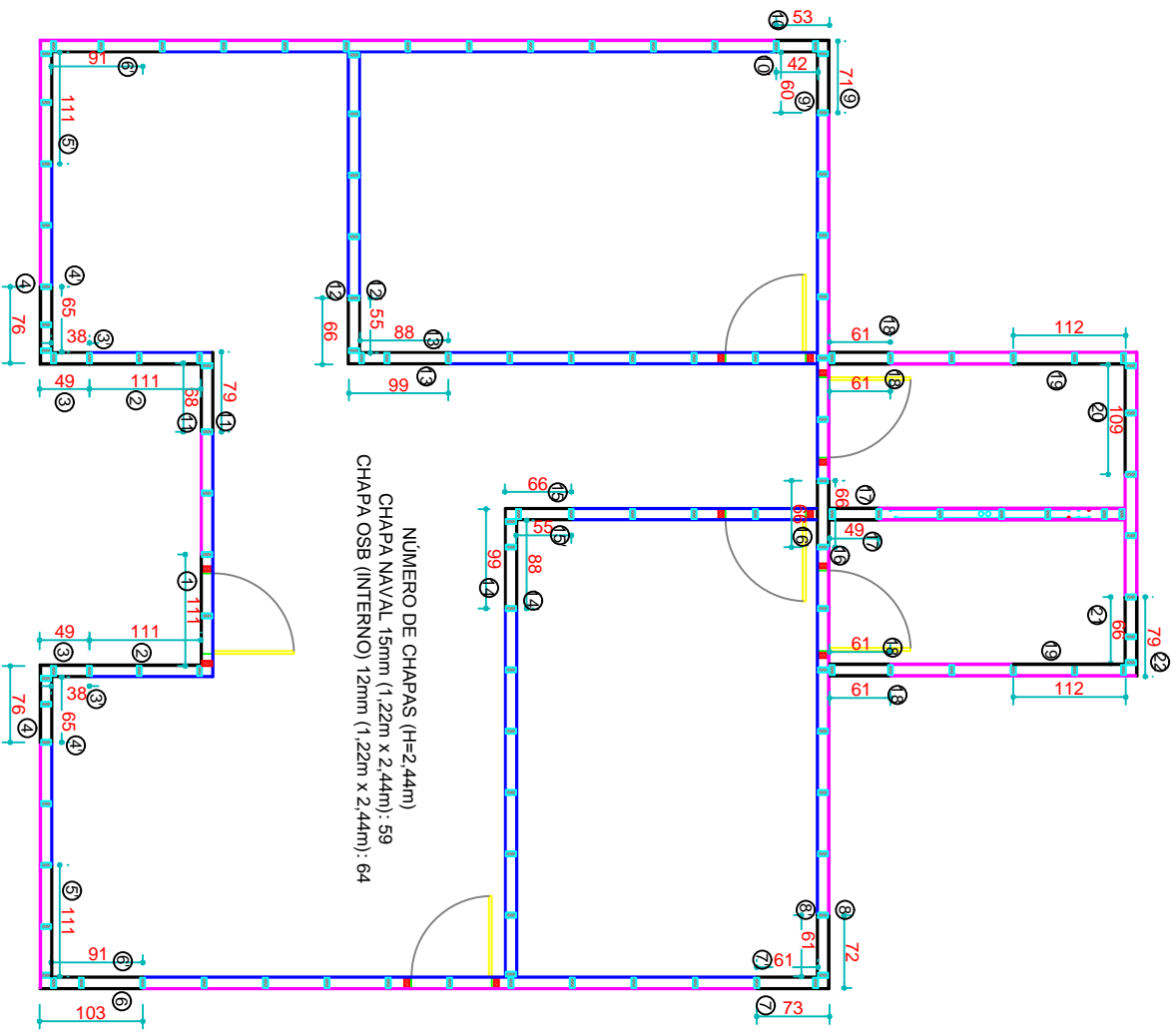
XXXX

02

Eng° Civil – CREA 00000-00 D



APÊNDICE D - Prancha 3 – ESQUEMA DE MONTAGEM DAS CHAPAS



ESQUEMA DE MONTAGEM DAS CHAPAS

Escala 1:75

CONFERIR MEDIDAS NO LOCAL

OBRA:

RESIDÊNCIA SR. JOHN

DATA

OUT/2013

PRANCHA

PROJETO:

SR. JACK

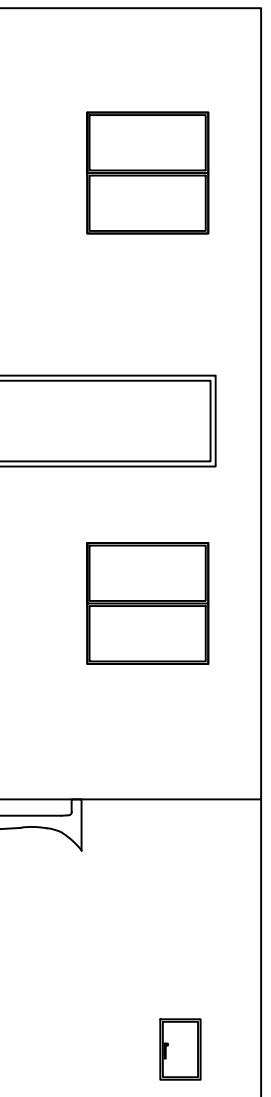
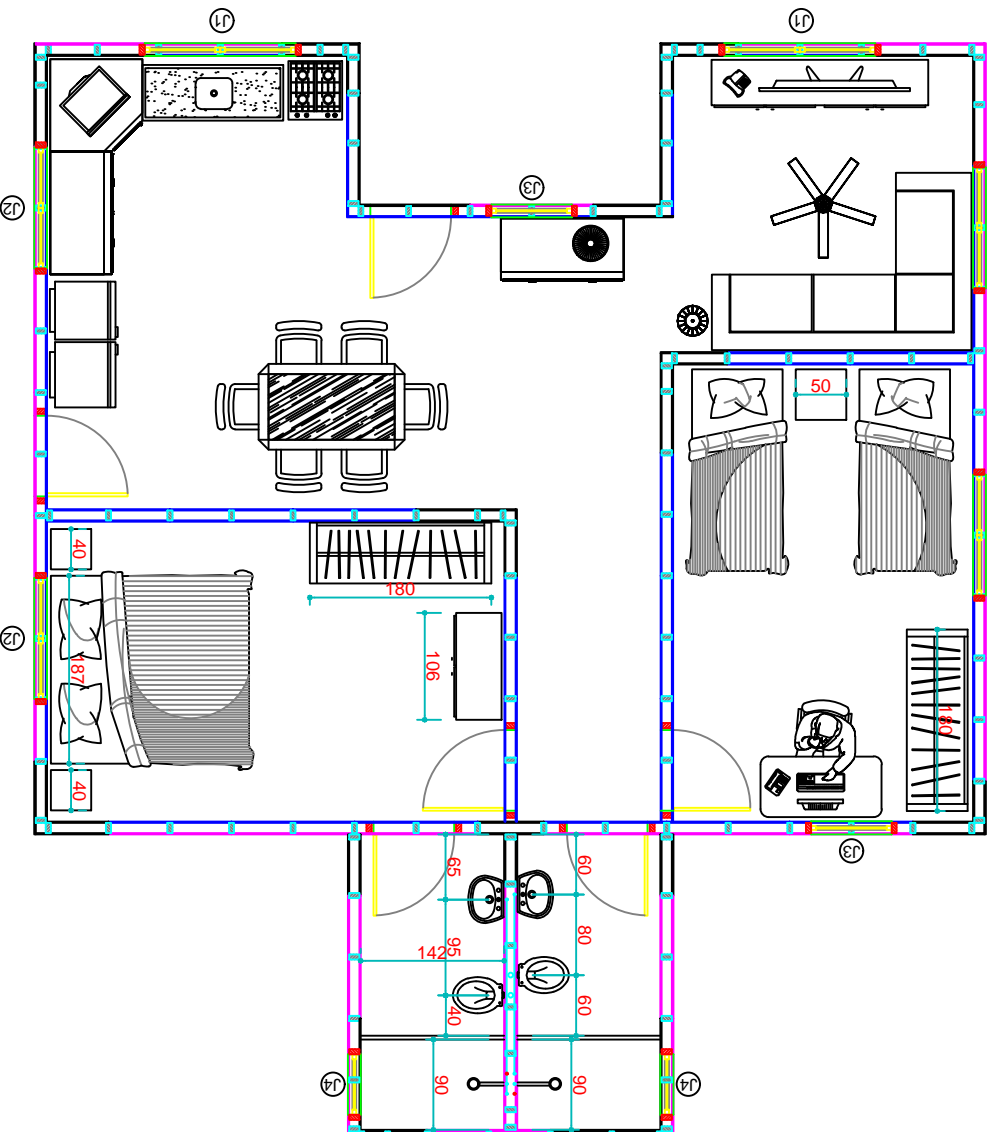
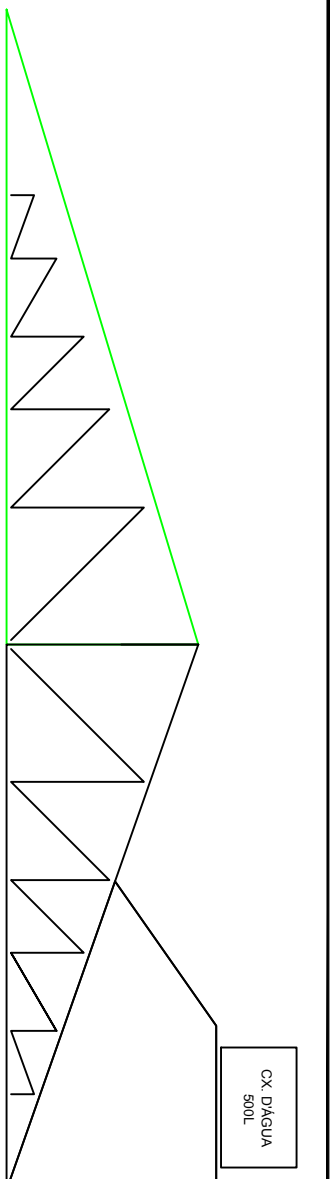
DESENHO

XXXX

03

Eng° CIVIL – CREA 00000-00 D

APÊNDICE E - Prancha 4 – ELEVACÃO LATERAL DIREITA E PLANTA BAIXA



ELEVAÇÃO LATERAL DIREITA E PLANTA BAIXA
Escala 1:75

CONFERIR MEDIDAS NO LOCAL

OBRA:

RESIDÊNCIA SR. JOHN

DATA

OUT/2013

PRANCHA

PROJETO:

SR. JACK

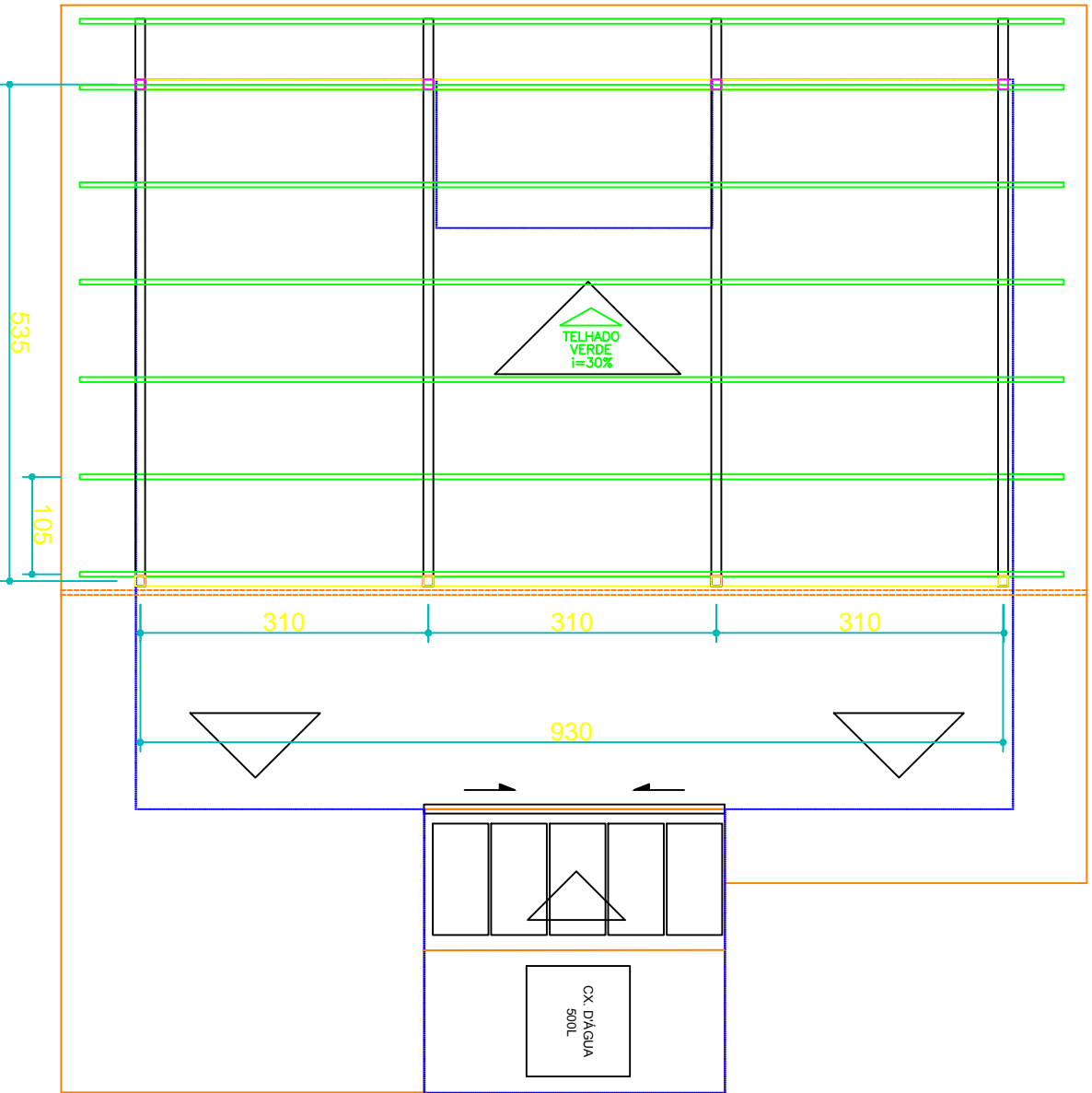
DESENHO

XXXX

Eng.º CIVIL – CREA 00000-00 D

04

APÊNDICE F - Prancha 5 – PLANTA DE COBERTURA

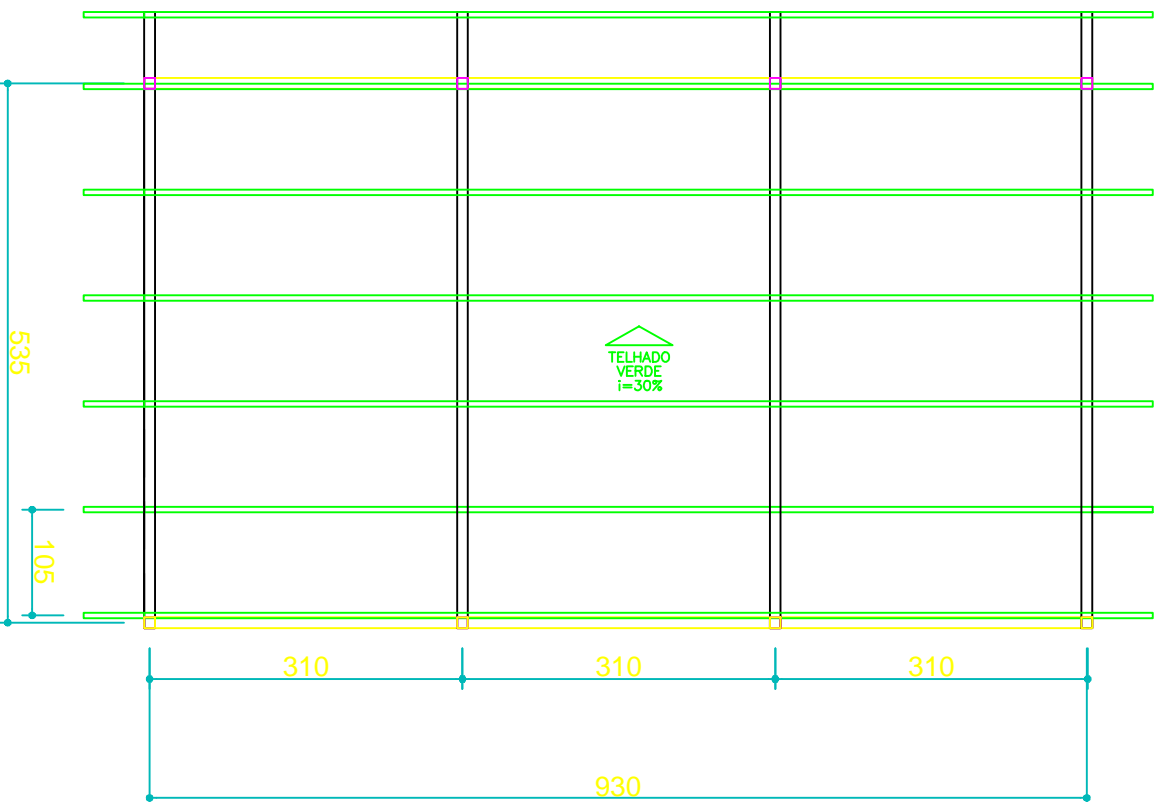


PLANTA DE COBERTURA
Escala 1:75

CONFERIR MEDIDAS NO LOCAL

OBRA:	RESIDÊNCIA SR. JOHN	DATA:	OUT/2013	PRANCHA:	
PROJETO:	SR. JACK	DESENHO:	XXXX		
	Eng° Civil – CREA 00000-00 D			05	

APÊNDICE G - Prancha 6 – VISTA SUPERIOR – TELHADO-VERDE



VISTA SUPERIOR - TELHADO-VERDE

Escala 1:75

CONFERRIR MEDIDAS NO LOCAL

OBRA:

RESIDÊNCIA SR. JOHN

DATA

OUT/2013

PRANCHA

PROJETO:

SR. JACK

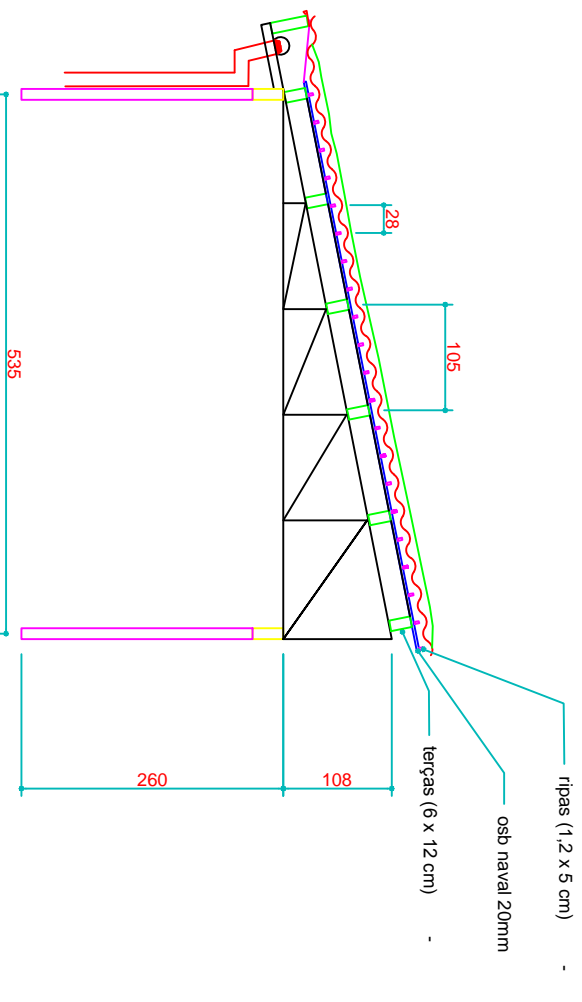
DESENHO

XXXX

06

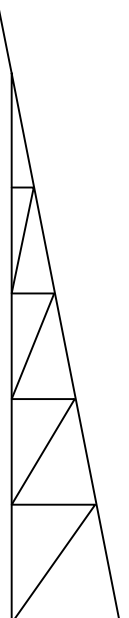
Eng.º Civil – CREA 00000-00 D

APÊNDICE H - Prancha 7 – CORTE – TELHADO-VERDE



CORTE - TELHADO-VERDE

Escala 1:75



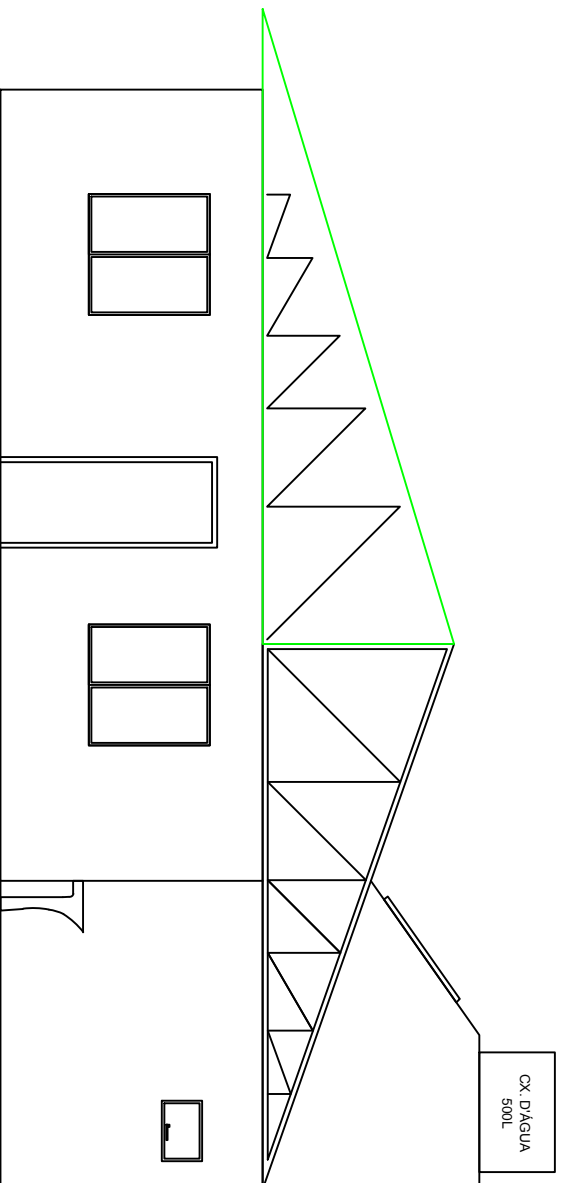
TRELIÇA DE MADEIRA

Escala 1:75

CONFERRIR MEDIDAS NO LOCAL

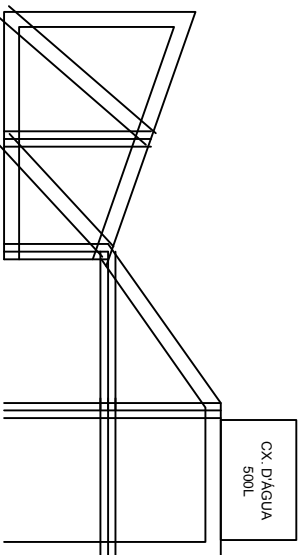
OBRA:	RESIDÊNCIA SR. JOHN		DATA:	OUT/2013	PRANCHA:	07
PROJETO:	SR. JACK		DESENHO:	XXXX		
	Eng.º Civil – CREA 00000-00 D					

APÊNDICE I - Prancha 8 – ELEVAÇÃO LATERAL DIREITA



ELEVAÇÃO LATERAL DIREITA

Escala 1:75



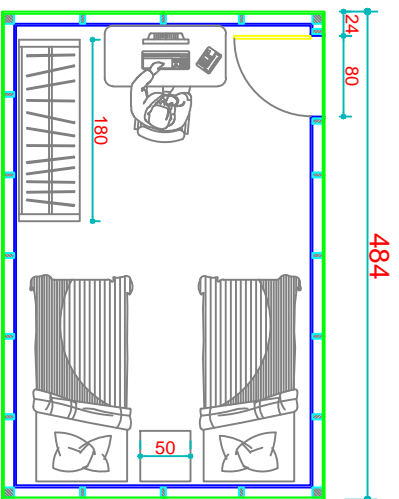
CORTE - ESTRUTURA PARA CAIXA D'ÁGUA

Escala 1:75

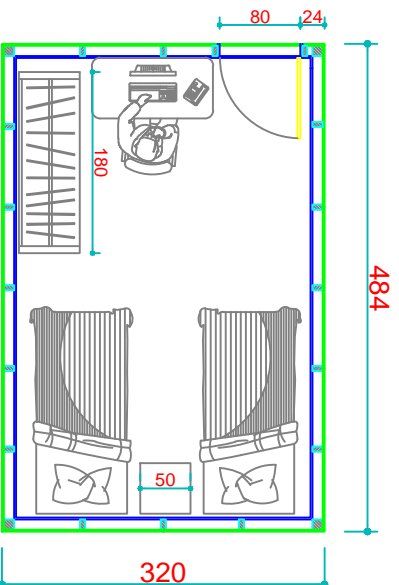
CONFERIR MEDIDAS NO LOCAL

OBRA:	RESIDÊNCIA SR. JOHN	DATA:	OUT/2013	PRANCHA:	08
PROJETO:	SR. JACK	DESENHO:	XXXX		
	Engº Civil – CREA 00000-00 D				

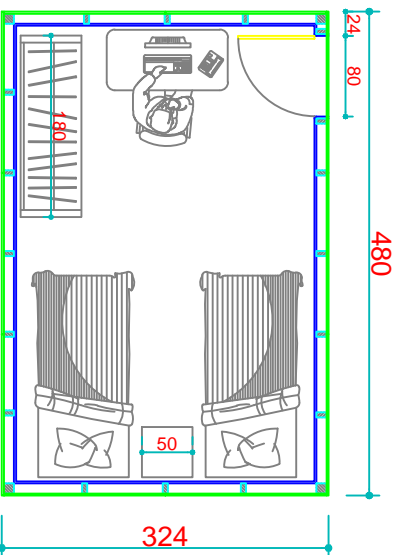
APÊNDICE J - Prancha 9 – MÓDULOS – QUARTO DE SOLTEIRO



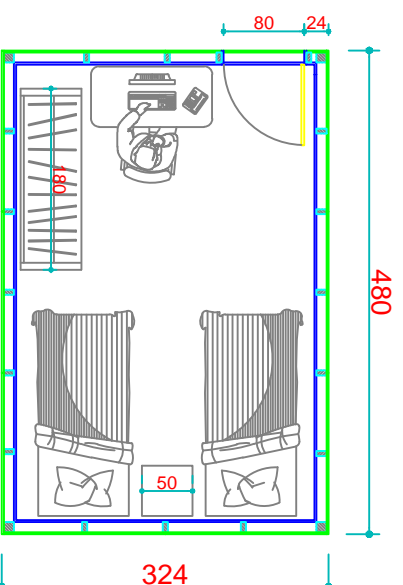
MÓDULO QUARTO SOLTEIRO1



MÓDULO QUARTO SOLTEIRO2



MÓDULO QUARTO SOLTEIRO3



MÓDULO QUARTO SOLTEIRO4

MÓDULOS - QUARTO SOLTEIRO

Escala 1:75

CONFERIR MEDIDAS NO LOCAL

OBRA:

RESIDÊNCIA SR. JOHN

DATA

OUT/2013

PRANCHA

PROJETO:

SR. JACK

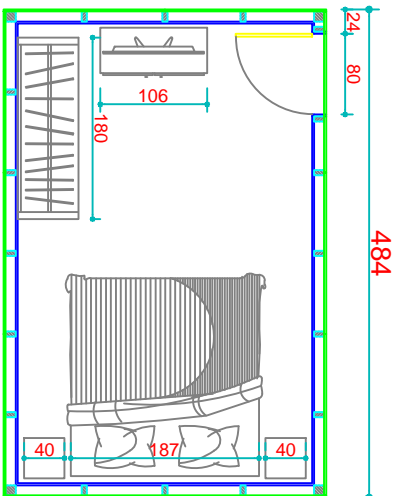
DESENHO

XXXX

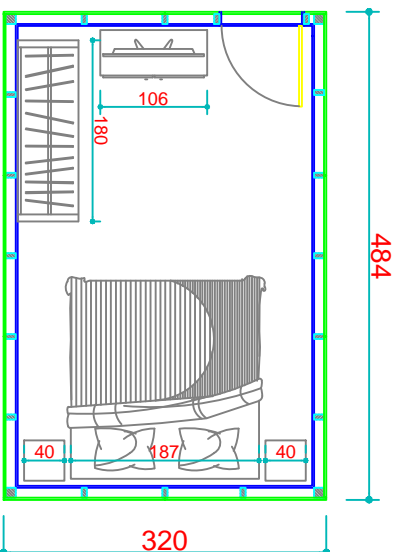
09

Eng.º CIVIL – CREA 00000-00 D

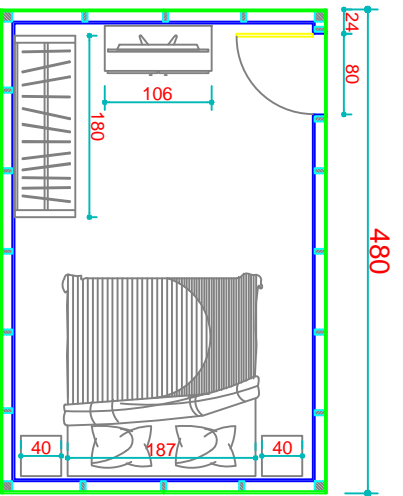
APÊNDICE K - Prancha 10 – MÓDULOS – QUARTO DE CASAL



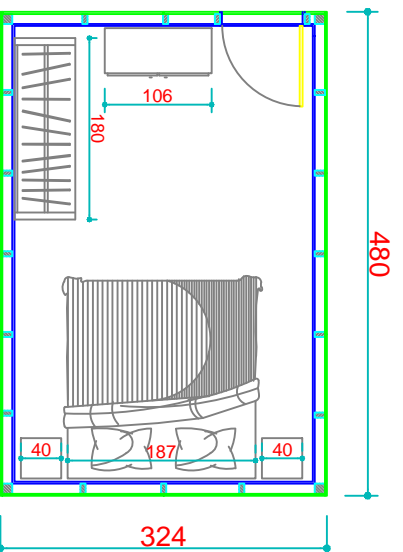
MÓDULO QUARTO CASAL1



MÓDULO QUARTO CASAL2



MÓDULO QUARTO CASAL3



MÓDULO QUARTO CASAL4

MÓDULOS - QUARTO CASAL

Escala 1:75

CONFERIR MEDIDAS NO LOCAL

OBRA:

RESIDÊNCIA SR. JOHN

DATA

OUT/2013

PRANCHA

PROJETO:

SR. JACK

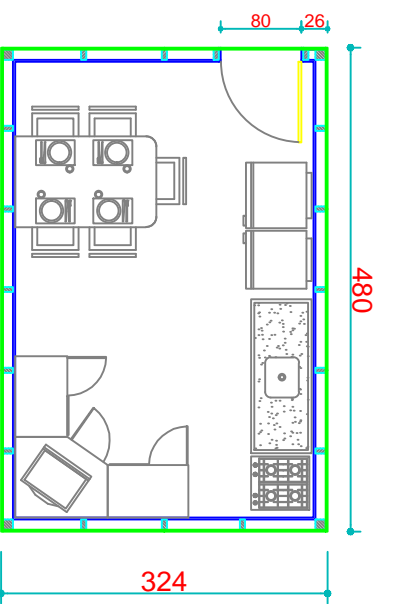
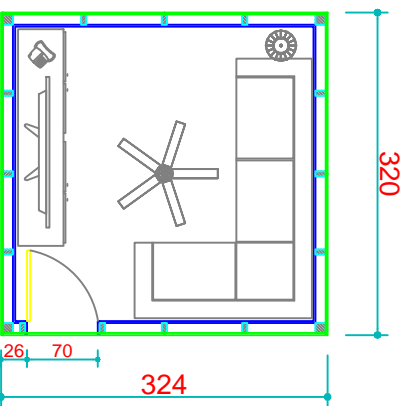
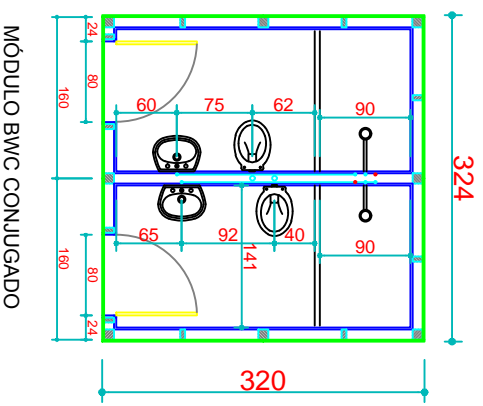
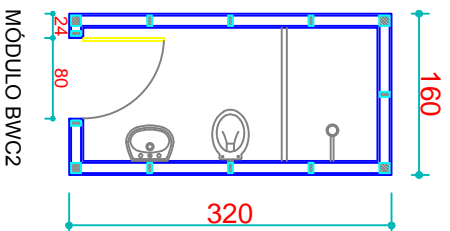
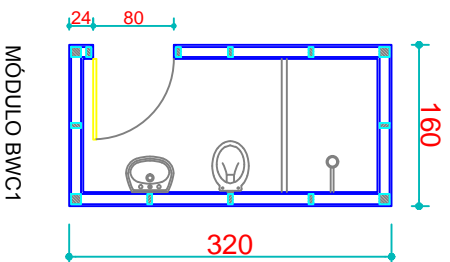
DESENHO

XXXX

10

Eng.º CIVIL – CREA 00000-00 D

APÊNDICE L - Prancha 11 – MÓDULOS – SALA DE ESTAR, COZINHA E BWC

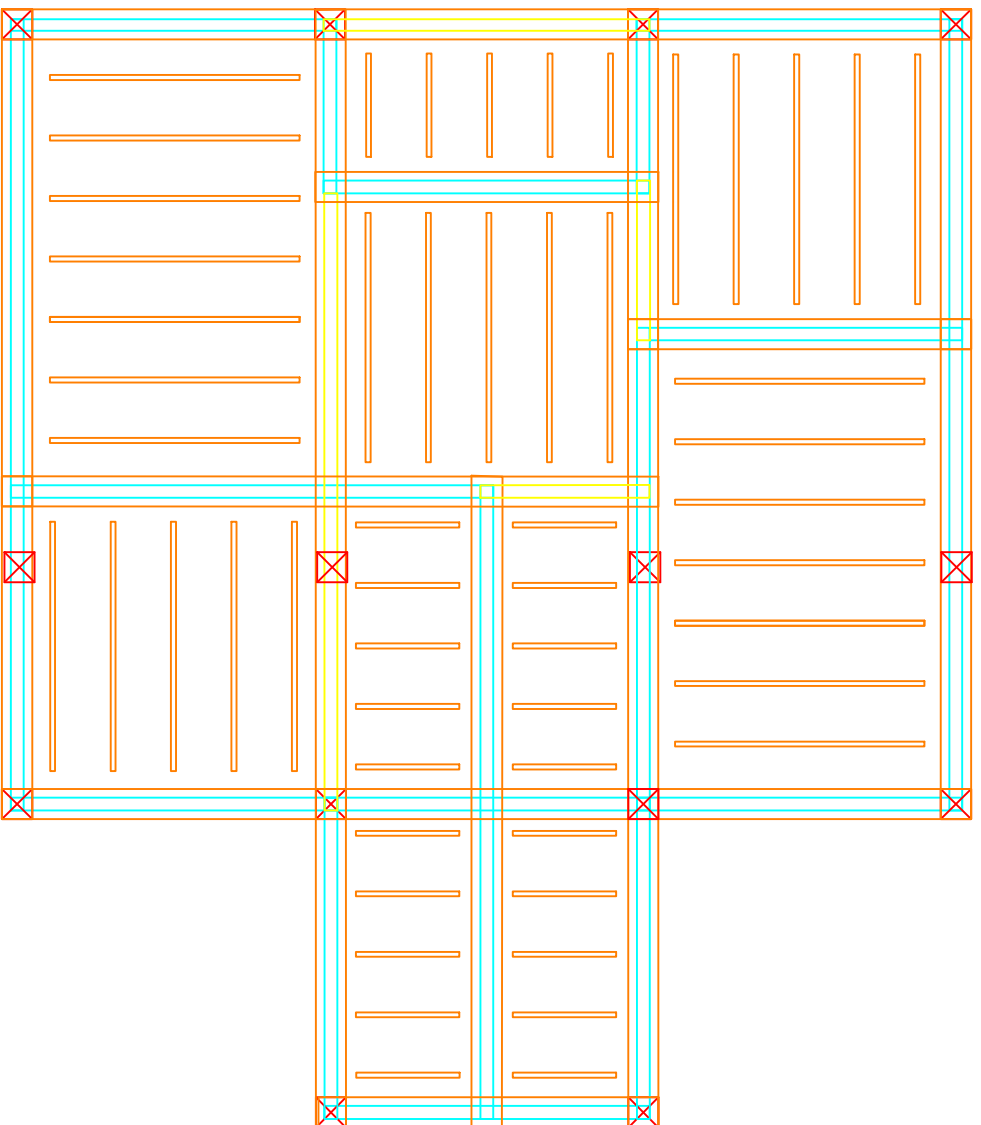


MÓDULOS - SALA DE ESTAR, COZINHA E BWC
Escala 1:75

CONFERIR MEDIDAS NO LOCAL

OBRA:	RESIDÊNCIA SR. JOHN	DATA:	OUT/2013	PRANCHA:	11
PROJETO:	SR. JACK	DESENHO:	XXXX		
	Engº CIVIL – CREA 00000-00 D				

APÊNDICE M - Prancha 12 – FUNDAÇÃO E PISO



FUNDAÇÃO E PISO

Escala 1:75

CONFERIR MEDIDAS NO LOCAL

OBRA:

RESIDÊNCIA SR. JOHN

DATA

OUT/2013

PRANCHA

PROJETO:

SR. JACK

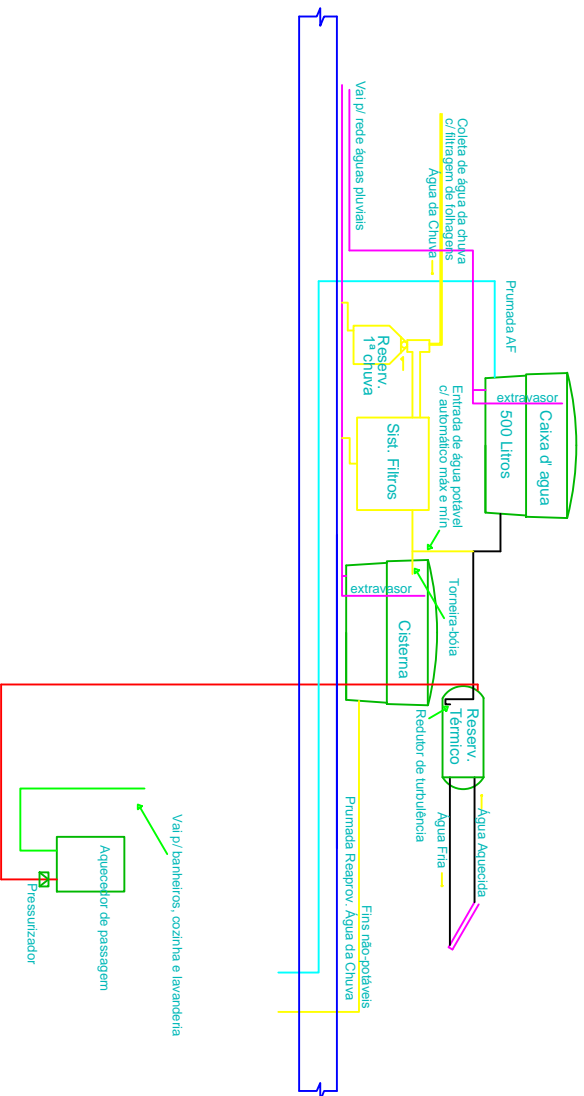
DESENHO

XXXX

Eng.º Civil – CREA 00000-00 D

12

APÊNDICE N - Prancha 13 - ESQUEMA DO SISTEMA HIDROSSANITÁRIO



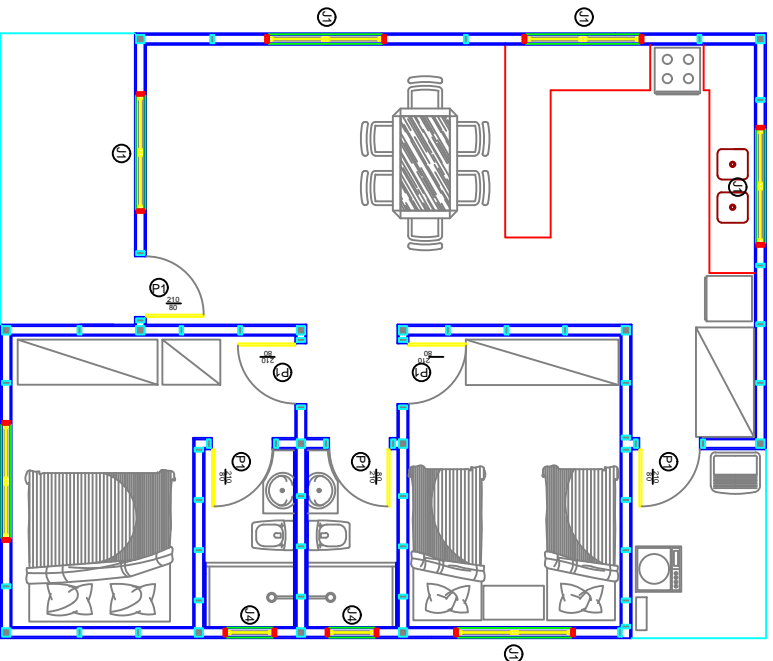
ESQUEMA DO SISTEMA HIDROSSANITÁRIO

Escala 1:50

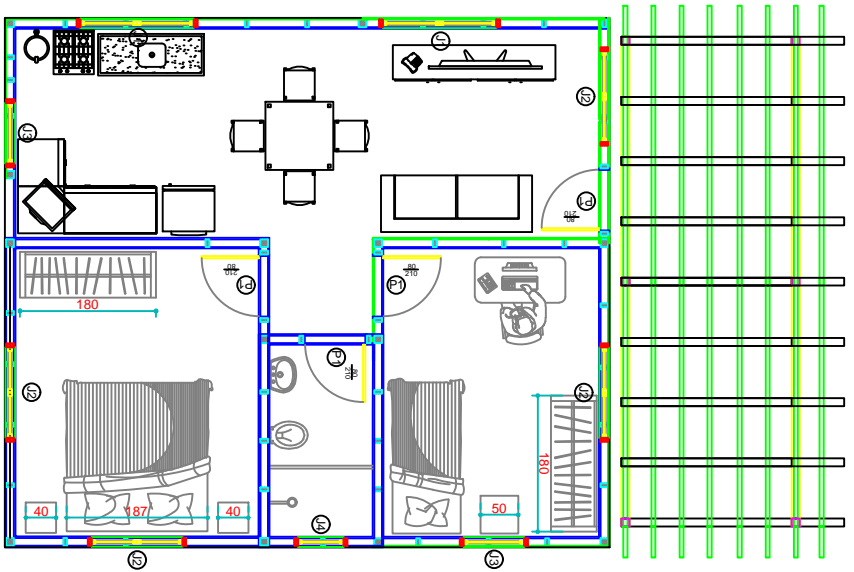
CONFERIR MEDIDAS NO LOCAL

OBRA:	RESIDÊNCIA SR. JOHN	DATA:	OUT/2013	PRANCHAS:	13
PROJETO:	SR. JACK	DESENHO:	XXXX		
	Eng° Civil – CREA 00000-00 D				

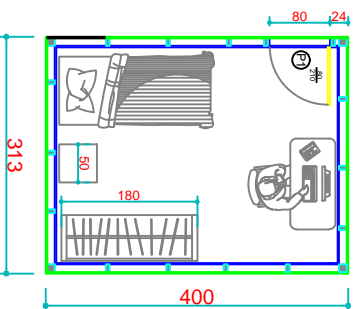
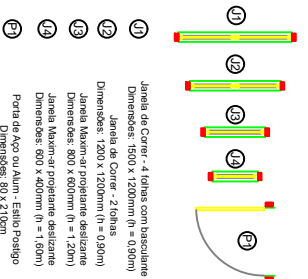
**APÊNDICE O - Prancha 14 – PLANTA BAIXA TIPO B, PLANTA BAIXA TIPO C E
MÓDULOS TIPO C**



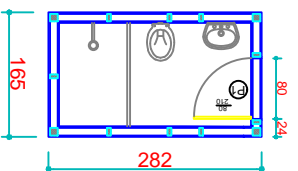
PLANTA BAIXA - TIPO C
Escala 1:100



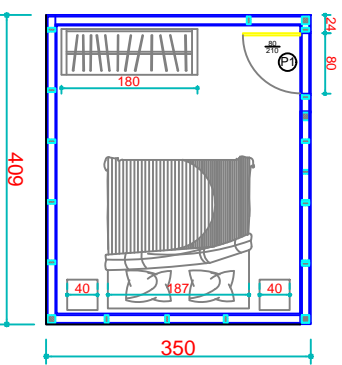
PLANTA BAIXA - TIPO B
Escala 1:100



MÓDULOS - TIPO C
Escala 1:100



MÓDULO BWC1



CONFERIR MEDIDAS NO LOCAL

OBRA:

RESIDÊNCIA SR. JOHN

DATA

OUT/2013

PRANCHA

PROJETO:

SR. JACK

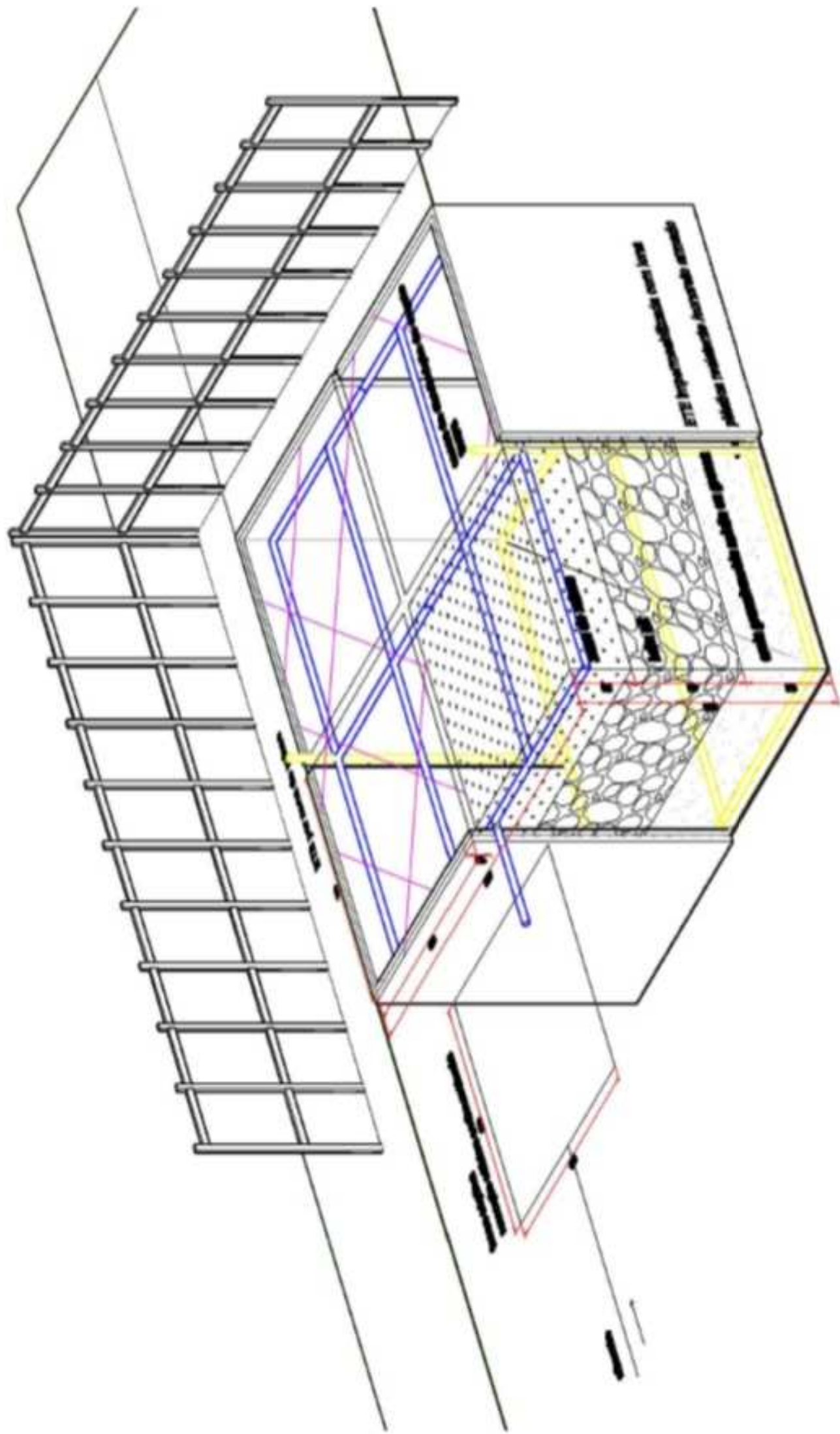
DESENHO

XXXX

Eng.º CIVIL – CREA 00000-00 D

14*

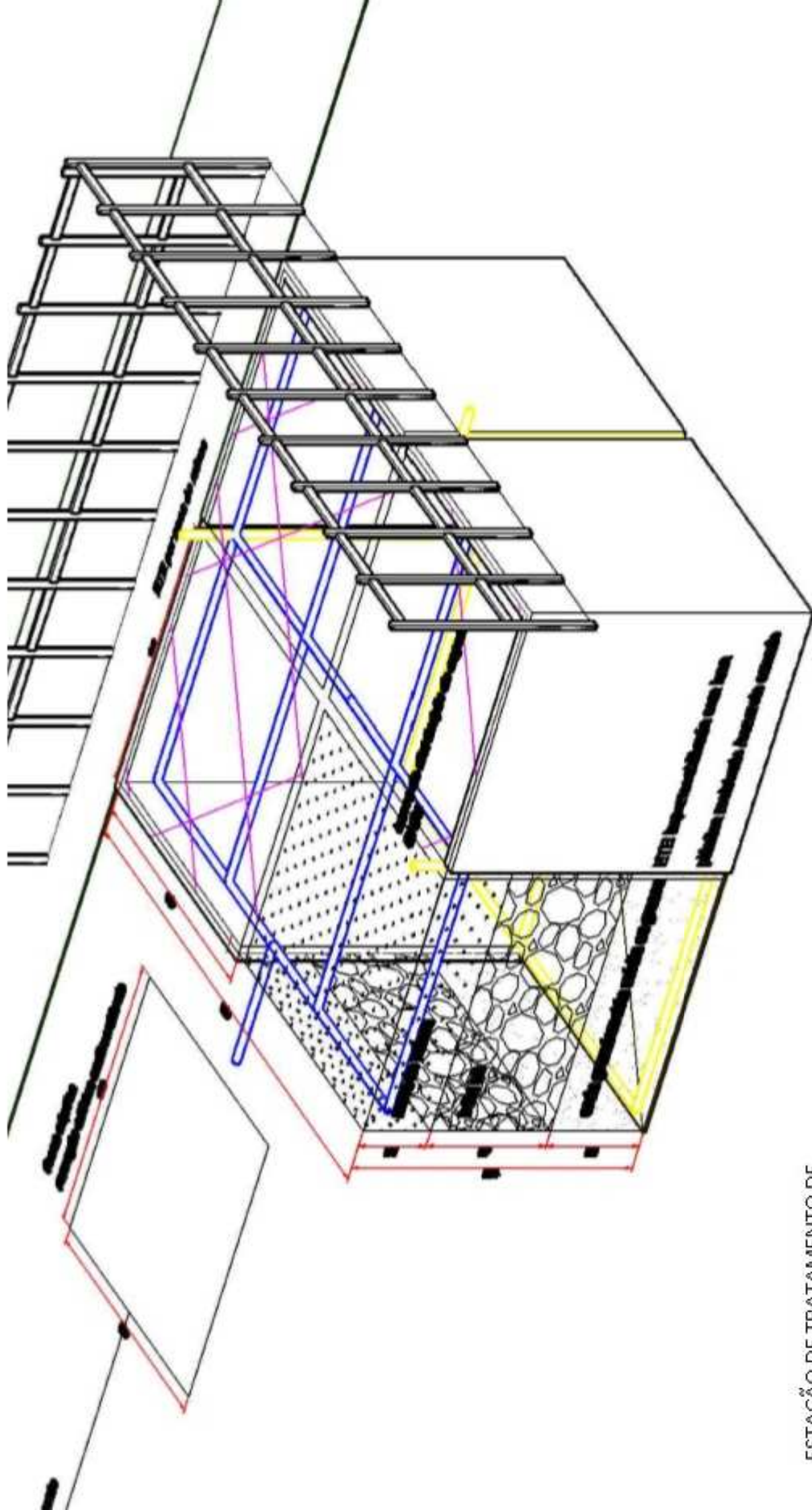
APÊNDICE P - ETE por zona de raízes (vista anterior)



S/ ESCALA

ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO POR ZONA DE RAÍZES

APÊNDICE Q - ETE por zona de raízes (vista posterior)



ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE
ESGOTO POR ZONA DE RAÍZES

S/ ESCALA