UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
ESPECIALIZAÇÃO EM GERENCIAMENTO DE OBRAS

EDUARDO FERNANDO BENATO

PARÂMETROS SUSTENTÁVEIS PARA HABITAÇÃO UTILIZANDO CONTÊINER DE 20 PÉS

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

CURITIBA
2015

EDUARDO FERNANDO BENATO

PARÂMETROS SUSTENTÁVEIS PARA HABITAÇÃO UTILIZANDO CONTÊINER DE 20 PÉS

Monografia apresentada para obtenção do título de Especialista no Curso de Pós Graduação em Gerenciamento de Obras, Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR.
Orientador Prof. Eloy F. Casagrande Jr., PhD.

CURITIBA

2015

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
ESPECIALIZAÇÃO EM GERENCIAMENTO DE OBRAS

Termo de Aprovação

Parâmetros sustentáveis para habitação utilizando contêiner de 20 pés

Por

Eduardo Fernando Benato

Esta monografia foi apresentada na data de _____ como requisito para obtenção do título de especialista em gerenciamento de obras, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após a deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho _____ (aprovado, aprovado com alterações, ou reprovado).

_____ _____

_____ _____

_____ _____

RESUMO

BENATO, Eduardo F. Parâmetros sustentáveis para habitação utilizando contêiner de 20 pés. 2015. 59 f. Monografia (Especialização em Gerenciamento de Obras) - Programa de Pós-Graduação. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Este trabalho apresenta uma abordagem da utilização de contêineres como alternativa ao método convencional de construção de empreendimentos habitacionais. Mercado da construção civil que esta atualmente apresentando gargalos devido a grande demanda da sociedade por novas habitações. Além de utilizar métodos vistos como ultrapassados, de pouca produtividade e inadequados no contexto do desenvolvimento sustentável mundial, apresentando grandes emissões de gases prejudiciais à atmosfera principalmente no processo de produção de materiais. Para tanto, foi elaborado o projeto arquitetônico utilizando um contêiner de 20 pés, muitas vezes descartado a natureza, e utilizando-se de tecnologias sustentáveis e favoráveis ao meio ambiente com o objetivo de estabelecer parâmetros sustentáveis na utilização de contêineres. Para o projeto foram dimensionados os sistemas de aquecimento de água devido à luz solar para o uso em chuveiro e pias, e o sistema de aproveitamento de águas pluviais para utilização em lavagem de pisos e descarga de bacias sanitárias. Os resultados apresentam o projeto arquitetônico do contêiner e parâmetros sustentáveis.

ABSTRACT

This paper shows an approach utilization of containers as an alternative for the conventional housing development construction method. Nowadays the construction field presents delays due to great demand of news habitations. In addition to using overpasts methods, with low production and inappropriate in the context of sustainable development, presenting emission of harmful gases to atmosphere, mainly in the material production process. With this in mind, it project was elaborated using a 20 ft container, many times descarted in nature. Besides that, was used sustainable technologies, favorable to environment. The Project make use of solar water heating for shower's and sinks' water. Rainwater harvesting system was used on floor cleaning and discharge sanitaries basin. The results shows an architectural design and sustainable parameters.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Depósitos irregulares 3
Figura 2 - Sistema Eólico 7
Figura 3 - Funcionamento de Painéis Fotovoltaicos 8
Figura 4 - Aquecimento Solar 9
Figura 5 - Sistema de Uso de Água Pluvial 11
Figura 6 - Wood Frame 12
Figura 7 - Componentes do telhado verde 14
Figura 8 - Tonéis Aguardando para Embarque 15
Figura 9 - Tipos de Contêineres 17
Figura 10 - Pop Brixton - Londres - UK 19
Figura 11 - Escritório Contêiner 20
Figura 12 - Casa Contêiner - Costa Rica 21
Figura 13 - Alojamento Estudantil - Joanesburgo 22
Figura 14 – Comparação de Custos 22
Figura 15 - Perfil Mínimo de desempenho para certificação 24
Figura 16 - Etapas do Processo de Certificação 25
Figura 17 - Critérios de Atendimento Mínimo 27
Figura 18 – Elevação Frontal 31
Figura 19 - Elevação Direita 31
Figura 20 - Elevação Esquerda 32
Figura 21 – Elevação Posterior 32
Figura 22 – Vista Superior 33
Figura 23 - Área de Captação 41
Figura 24 - Valores Referenciais 43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Coeficientes de Condutividade Térmica 6

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANA - Agencia Nacional de Águas

AQUA - Alta Qualidade Ambiental

ASA - *American Standards Association*

CEF - Caixa Econômica Federal

DIN - *Deutsches Institut fur Normung*

EUA - Estados Unidos da América

HQE - *Haute Qualité Environmentale*

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ISO - *International Standards Organization*

KW - Quilowatt

LEED - *Leadership in Energy and Environmental Design*

NBR - Norma Brasileira

PR - Paraná

PROCEL EDIFICA - Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica em Edificações

RCD - Resíduos de Construção e Demolição

RSU - Resíduos Sólidos Urbanos

WFCM - *Wood Frame Construction Manual*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 1

1.1 ESTRUTURA DO TRABALHO 1

1.2 ASPECTOS GERAIS E JUSTIFICATIVAS 1

1.2.1 Sustentabilidade e Desenvolvimento Sustentável 1

1.2.2 Sustentabilidade na Construção Civil 2

1.2.3 Materiais sustentáveis 4

1.2.4 Materiais de Bom Desempenho Térmico 5

1.2.5 Tecnologias Sustentáveis 6

1.3 OBJETIVOS 14

1.3.1 Objetivo geral 14

1.3.2 Objetivos específicos 14

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 15

2.1 DEFINIÇÃO DE CONTÊINER 15

2.2 HISTÓRICO DO CONTÊINER 15

2.3 TIPOS DE CONTÊINERES 17

2.4 NORMAS DE PADRONIZAÇÃO DE CONTÊINERES 18

2.5 EXEMPLOS MUNDIAIS DE UTILIZAÇÃO DE CONTÊINERES 18

2.5.1 Pop Brixton 18

2.5.2 Container Office 19

2.5.3 Casa Contêiner - Costa Rica 20

2.5.4 Alojamento Estudantil - Joanesburgo 21

2.6 AVALIAÇÃO DE CUSTOS 22

2.7 SISTEMAS DE CERTIFICAÇÃO AMBIENTAL NO BRASIL 23

2.7.1 Procel Edifica 23

2.7.2 AQUA 24

2.7.3 LEED 25

2.7.4 Selo Casa Azul da Caixa Econômica Federal 27

3 METODOLOGIA 28

4 RESULTADOS 29

5 CONCLUSÃO 34

5.1 SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS 34

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 35

ANEXO A - Dimensionamento do sistema de coleta de águas pluviais 41

ANEXO B - Dimensionamento do Sistema de Aquecimento Solar 46

1 INTRODUÇÃO

1.1 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente capítulo inicia-se com definições de sustentabilidade e desenvolvimento sustentável e um panorama geral da sustentabilidade mundial, mostrando dados atuais das emissões de gases prejudiciais à atmosfera, onde o mercado da construção civil está diretamente ligado. Também são apresentados os objetivos que a pesquisa pretende alcançar, justificativas e motivações para o desenvolvimento do trabalho.

O capítulo 2 apresenta citações extraídas de referências abordando o sistema construtivo em estudo, sua definição, histórico de sua utilização mundial, tipos de contêineres, normas regulamentadoras de suas utilizações. Bons exemplos de utilização mundial de contêineres em habitações são apresentados no capítulo.

O capítulo 3, são apresentados os procedimentos metodológicos empregados para chegar aos resultados.

O capítulo 4 apresenta os resultados obtidos.

No capítulo 5 são apresentadas as conclusões e analises realizada seguida das referências bibliográficas. Já nos apêndices apresentam-se os dimensionamentos dos sistemas de coleta de águas pluviais e aquecimento da agua devido à luz solar.

1.2 ASPECTOS GERAIS E JUSTIFICATIVAS

1.2.1 Sustentabilidade e Desenvolvimento Sustentável

Segundo Viggiano (2015), “ser sustentável é ser capaz de se manter utilizando as limitações dos recursos disponíveis, economizando, conservando, reusando e reciclando quando necessário e possível”.

O desenvolvimento sustentável foi definido como “desenvolvimento que atende às necessidades do presente, sem comprometer a capacidade de gerações futuras de satisfazer suas próprias necessidades”, no comumente denominado Relatório Brundtland (1991).

De acordo com Tajra (2015), as grandes potências mundiais estão buscando alternativas para conciliar o desenvolvimento econômico com o equilíbrio ambiental uma vez

que todos nós estamos suscetíveis a sofrer, em maior ou menor escala, as consequências de uma catástrofe da natureza.

É neste contexto que o protocolo do Kyoto, firmado em 1997 no Japão que entrou em vigor em 2005, apresenta um acordo internacional objetiva fazer com que os países desenvolvidos assumirem o compromisso de reduzir a emissão de gases que agravam o efeito estufa, para reduzir os impactos causados pelo aquecimento global. Portal Brasil (2015).

Porém, em reportagem para a Folha de São Paulo, Tuffani (2015), apresenta dados que contradizem o acordo do protocolo, mostrando que as emissões mundiais de gases-estufa cresceram 16,2% de 2005 a 2012.

No Brasil, em 1981 se estabeleceu a Política Nacional do Meio Ambiente com objetivo de estabelecer padrões, mecanismos e instrumentos capazes de conferir ao meio ambiente uma maior proteção (ABMAPRO, 2015). Porém, diferente desta política o Brasil se encontra muito longe de atingir um nível razoável de desenvolvimento sustentável.

1.2.2 Sustentabilidade na Construção Civil

Com a crescente aceleração da construção civil em todo o mundo, a geração de resíduos de construção e demolição (RCD) cresce proporcionalmente. De acordo com Ângulo (2005), estes resíduos representam 50% da massa dos resíduos sólidos urbanos (RSU), os quais causam assoreamento de rios, entupimento de bueiros, degradação de áreas e esgotamento de áreas de aterros, além de custos socioeconômicos para as cidades.

Além de estar em crescente expansão, o setor é um dos maiores agressores ao meio ambiente, com a fase de produção dos materiais sendo a principal vilã. Porém, a construção civil é indispensável para o desenvolvimento de cidades e não pode ser simplesmente ignorada. A principal questão é encontrar alternativas para o setor não atingir diretamente o meio ambiente.

De acordo com levantamento do censo do saneamento, realizado pelo IBGE no ano 2000, 68,5% dos resíduos sólidos gerados pelas grandes cidades são jogados em lixões a céu aberto ou alagados SOSMA (2015). Maneira incorreta de dar destino aos resíduos, a qual certamente gera contaminação onde em muitas cidades brasileiras ainda é uma realidade.

Na figura 1 se pode observar uma das características da construção civil no Brasil, onde resíduos são depositados de forma irresponsável no meio ambiente.

Figura 1 - Depósitos irregulares
Fonte: Luís (2015)

É neste contexto Paes (2008) ressalta que não há como alcançar o desenvolvimento sustentável sem que haja construção sustentável e isto se resume na busca por uso consciente de recursos, minimização na emissão de poluentes, promoção de saúde e conforto aos usuários, relação harmoniosa com o entorno, redução de custos e elevação do padrão sociocultural da comunidade.

Oliveira (2013) explica que os sistemas industrializados seriam uma opção lógica na escolha de profissionais e clientes para seus projetos, porém, esta não é uma realidade brasileira, pois a maioria das edificações ainda utilizam sistemas construtivos convencionais, gerando baixa produtividade, grande influência do clima na produção e elevado desperdício de materiais.

Devido à alta competitividade do setor, as construtoras devem focar em diminuir o desperdício de materiais e em desenvolver novas formas de racionalização, objetivando assim, a manutenção da longevidade da organização e o aumento de desempenho.

É neste contexto que se enquadra a política dos 3 R's (redução, reutilização e reciclagem), ou seja, deve-se primeiramente pensar em reduzir o material a ser utilizado, optando por aqueles que não gerem resíduos e possuam maior potencial de durabilidade, reutiliza-lo, quando possível, procurando formas de reaproveita-lo para outros fins e então

recicla-lo, fabricando novos produtos utilizando aqueles que já não serviriam para a atividade inicial.

Dada sua importância para o mercado da construção civil, a sustentabilidade ambiental de uma edificação pode ser mensurada e avaliada através de certificações ambientais, instrumentos que possuem grande potencial de implementar melhores praticas para o setor. Da Silva (2012) cita os sistemas de certificação mais difundidos no Brasil: Procel Edifica, AQUA, LEED e Selo Casa Azul da Caixa Econômica Federal, os quais serão abordados na seção 2.9 do capítulo 2 do presente trabalho.

A certificação proporciona uma agenda de soluções aplicáveis à obra, agrega valor de mercado, diminui o consumo geral de insumos e, por fim, legitima e valida os processos de uma construção sustentável (CASADO; FUJIHARA, 2009 *apud* VIGGIANO, 2015).

1.2.3 Materiais sustentáveis

Quando fala-se em uso de materiais sustentáveis seja para qualquer finalidade, quase sempre vem à ideia, principalmente no Brasil, de serem materiais produzidos de maneira artesanal, de pouca durabilidade e funcionalidade. A utilização desses materiais na construção civil em nosso país ainda é algo muito distante devido a esse conceito arcaico. Em seu artigo Araújo (2015), explica que produto ecológico é todo artigo seja ele produzido de maneira artesanal, manufaturado ou industrializado, não seja poluente e tóxico seja notadamente benéfico ao meio ambiente e à saúde onde contribui para o desenvolvimento sustentável.

Para a escolha de materiais ambientalmente corretos, Paes (2008), salienta que se deve dar preferência aos materiais produzidos de maneira responsável, ou seja, que não impactaram o meio ambiente para sua extração, cultivo ou manufatura. Além disso, a autora cita a importância da seleção de materiais nas diferentes fases da edificação - execução, utilização, reforma ou demolição, explicados a seguir:

Na fase de execução, devem-se observar aspectos como: consumo de energia e água, controle de erosão, geração de odores, ruídos, excesso de perdas, dejetos, quantidades de embalagens e etc.

Já na fase de utilização além da observância da durabilidade do material e estética e funcionalidade desejada pelo usuário, destaca-se a importância do conforto e a manutenção da saúde dos usuários.

Quando chega a etapa da demolição ou reforma da edificação, o volume de rejeitos é muito grande onde estes podem causar a degradação do meio ambiente.

Casagrande JR (2015) cita os materiais reciclados, que possuem em sua composição materiais já utilizados em um mesmo produto ou em outro produto para sua fabricação, onde não se utilizam de um processo de fabricação que consome recursos não renováveis e muitas vezes emissores de gases prejudiciais a atmosfera. Ainda de acordo com o autor, quanto mais fácil for sua absorção biológica natural após seu tempo de vida útil, mais ecológico ele pode ser classificado.

Além do exposto, a seleção de materiais ecológicos pode ser algo muito complexo, pois não depende somente da sua composição ou seu processo produtivo. Um claro exemplo seria a utilização de um material reciclado, sem nenhuma emissão de gases prejudiciais e contribuintes para o aquecimento global, sem a utilização de recursos não renováveis, porém levado ao canteiro de obras gastando-se muito combustível para o transporte, onde a distância esta diretamente ligada à emissão de CO2. Portanto, deve-se observar todo o contexto da utilização dos materiais.

1.2.4 Materiais de Bom Desempenho Térmico

Devido ao fato dos contêineres serem simplesmente constituídos de materiais metálicos (aço ou alumínio), um grande empecilho na sua utilização em projetos residenciais ou comerciais pode ser a grande aceitação da variação da temperatura.

Estes materiais apresentam um coeficiente de condutividade alto: alumínio (210 W.m-1 .ºC-1) e aço (75 W.m-1 .ºC-1) GRÁCIO (2006) *apud* NAVROSKI (2010) et al. Desta forma oferecem pouco conforto térmico e algumas soluções seriam necessárias para deixar o ambiente mais agradável.

Uma solução seria a utilização de ar condicionado para elevar ou abaixar a temperatura interna, porém, com grande consumo de energia e pouco favorável ao meio ambiente.

Materiais de baixo coeficiente de condutividade térmica são usados como revestimento das placas metálicas de contêineres fazendo com que assegure a temperatura interna da edificação, sendo eles: Poliuretano, Isopor, Poliestireno, Lã de Vidro e Rocha e etc. A tabela 1 apresenta alguns coeficientes de condutividade térmica, sendo aqueles que propagam menos o calor os que apresentam os menores valores, sendo assim, melhores para serem utilizados como revestimento.

Comparação entre Coeficientes de Condutividade Térmica	
Material	Coeficiente de Condutividade Térmica
Espuma de Poliuretano	0,025 - 0,035 W.m-1 .ºC-1
Isopor	0,028 W.m-1 .ºC-1
Espuma de Poliestireno	0,035 W.m-1 .ºC-1
Lã de Vidro	0,04 W.m-1 .ºC-1
Lã de Rocha	0,04 W.m-1 .ºC-1
Placa de Fibra	0,08 - 0,12 W.m-1 .ºC-1
Madeira - Eucalyptus	0,12 W.m-1 .ºC-1
Borracha	0,17 - 0,3 W.m-1 .ºC-1
Compensado	0,17 W.m-1 .ºC-1
Tijolo	0,7 W.m-1 .ºC-1
Aço	75 W.m-1 .ºC-1
Alumínio	210 W.m-1 .ºC-1

Tabela 1 - Coeficientes de Condutividade Térmica
Fontes: GRÁCIO (2006) apud NAVROSKI (2010) et al; FENILLI (2008) apud NAVROSKI (2010) et al; PROTOLAB (2015)

1.2.5 Tecnologias Sustentáveis

A seguir, serão apresentadas algumas tecnologias existentes e utilizadas para obtenção da sustentabilidade edificações, porém, não necessariamente utilizadas na confecção do projeto do trabalho, mas que podem ser estudadas em conjunto com a utilização de contêineres. Um exemplo é o uso da tecnologia *Wood Frame* (apresentada a seguir), cujos materiais poderiam ser utilizados para revestimento interno e/ou externo, melhorando assim sua eficiência térmica.

1. Sistemas Eólicos de pequena escala

Os ventos têm sido domados desde a antiguidade para gerar eletricidade. Em ultima analise são movidos pelo sol, e a energia eólica é essencialmente energia solar em outra forma, pois é o Sol que aquece o ar e dá origem as variações de pressão que criam os ventos (ROAF, 2009).

Em pequena escala, as turbinas eólicas são basicamente motores elétricos funcionando em ciclo reverso, de forma semelhante a dos alternadores da maioria dos automóveis. Uma corrente elétrica é gerada movendo-se uma bobina através de um campo magnético. A maioria dos geradores eólicos usa geradores magnéticos permanentes, onde o magneto rota dentro de uma bobina estática (ROAF, 2009).

A figura 2 representa os sistemas eólicos.

Figura 2 - Sistema Eólico
Fonte: Tecnologia e Treinamento (2015)

A grande vantagem da utilização desta tecnologia é a produção de eletricidade de uma maneira que não causa dano ao meio ambiente, pois se utiliza de um fluido abundante na natureza e não emite qualquer agressor a atmosfera.

Layton (2015) explica que gerar energia através do vento trata-se de transferir energia de um meio para outro visto que toda energia eólica começa com o sol. Quando o sol aquece uma determinada área de terra, o ar ao redor dessa massa de terra absorve parte deste calor elevando-se muito rapidamente e fazendo a movimentação das partículas, assim, gerando energia cinética posteriormente transformada em eólica.

Em terrenos adequados, as turbinas eólicas são uma das opções mais econômicas de energia renovável. No final das contas, os custos de 1kwh de eletricidade gerada por sistemas eólicos com torres serão de 1/6 a 1/3 dos custos da eletricidade fotovoltaica gerada *in loco*, em situações eólicas típicas no Reino Unido. Geralmente se consegue o retorno do investimento em menos de 20 anos e quanto maior for o seu sistema, mais rápido será o retorno; assim, os sistemas na escala urbana, a partir de 300 KW, costumam se pagar em 5 ou 6 anos ou até menos (ROAF, 2009).

2. Painéis Fotovoltaicos

Nos painéis fotovoltaicos, a radiação solar é convertida diretamente em energia elétrica através de materiais de boa capacidade de condução. Esta energia pode ser utilizada instantaneamente ou armazenada para uso posterior (ROAF, 2009).

O elemento básico de um sistema solar fotovoltaico é a “célula solar”, feita de um material semicondutor, geralmente silício. Com as células solares são produzidos 21 os sistemas fotovoltaicos (sucessivos painéis de captação da radiação solar) contendo um ou mais conversores de luz solar para eletricidade. O sistema pode conter também uma fonte de energia de emergência, uma bateria para armazenar a eletricidade, um carregador de bateria, uma central de controle, além de estruturas de suporte e diversos fios e fusíveis (ROAF, 2009).

A figura 3 representa o sistema de geração de energia através de painéis fotovoltaicos.

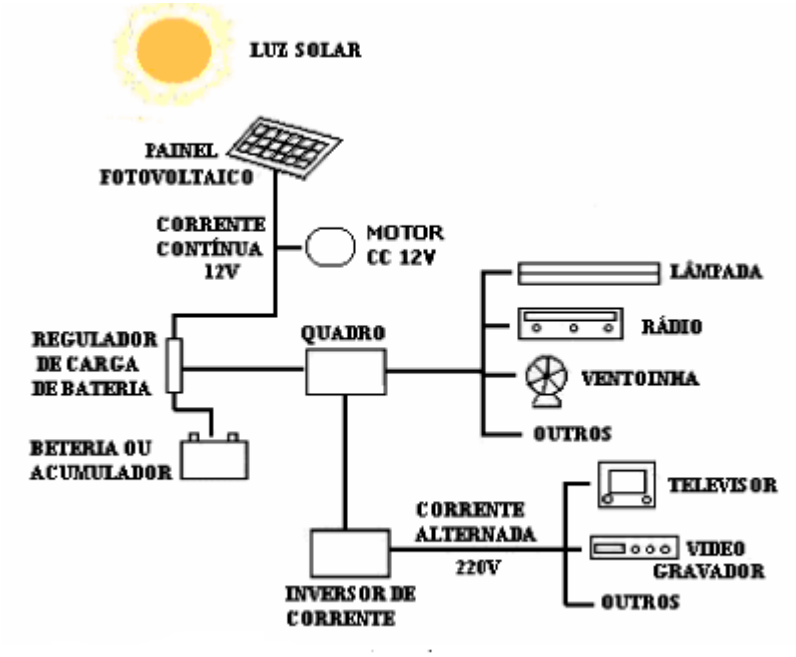

Figura 3 - Funcionamento de Painéis Fotovoltaicos
Fonte: becodaconvivencia (2015).

O Brasil apresenta uma radiação solar media acima de 2500 horas/ano, por ter como característica um clima tropical. Desta forma a energia solar fotovoltaica poderá ser bem mais utilizada, principalmente em regiões remotas em que a rede de distribuição não alcançou (DO NASCIMENTO, 2004).

3. Sistemas solares de aquecimento da água

Os sistemas solares de aquecimento de água coletam energia da radiação solar e a transformam em calor, que então é distribuído através de ar ou agua quente até o local onde será utilizado ou armazenado para uso posterior (ROAF, 2009).

Um aquecedor solar mecânico consiste em um ou mais coletores solares, um ou mais reservatórios de agua e uma bomba. Além disso, um trocador de calor e um tanque de expansão são necessários em climas muito frios e um dispositivo de geração de energia elétrica também se faz necessário se a energia que vem da rede publica não estiver disponível (ROAF, 2009).

De acordo com Roaf (2009), um coletor solar consiste em uma cobertura translúcida, um painel de absorção e um sistema de transferência de calor, envolvendo canos de agua quente ou ar quente. Um bom coletor solar deve ter uma expectativa de vida útil de, no mínimo, 20 a 30 anos. Bons coletores térmicos geralmente têm condutores em cobre (canos e tubos), uma cobertura em vidro temperado e um fechamento em metal isolante.

A figura 4 representa um sistema de aquecimento solar devido à energia proporcionada do sol.

Figura 4 - Aquecimento Solar
Fonte: Entrepreneur's Toolkit (2015)

Ainda de acordo com o autor citado, todos os projetos de edificações habitacionais sustentáveis deveriam usar sistemas solares de aquecimento de agua se possível, pois essa é uma tecnologia segura que comprovadamente usa a energia limpa e gratuita do sol. O setor doméstico é responsável por cerca de 30% das emissões de carbono em países desenvolvidos, principalmente devido ao CO_2 emitido por produtos de geração de energia e queima de

combustíveis fosseis. Desses 30%, 25% vão para o aquecimento de agua das torneiras e para o pré-aquecimento dos sistemas de calefação.

4. Reuso de águas pluviais

Há muito tempo é conhecido em nosso planeta o conceito de reuso, pois o ciclo hidrológico desenvolvido pela natureza executa esta tarefa de reutilização há milhões de anos (FIESP, 2007 p. 15 *apud* KOSSAR JUNIOR, 2011).

A água utilizada para fins domésticos ou industriais em determinado momento é utilizada como fonte de consumo da população. Nos Estados Unidos, o valor deste reuso chega a quarenta por cento (SHREVE, 2008 p. 23 *apud* KOSSAR JUNIOR, 2011).

O conceito de reuso atualmente aplicado considera que existe uma determinada água residuária que se apresenta dentro de limites que possibilitem sua utilização (KOSSAR JUNIOR, 2011).

De acordo com Giacchini (2015), a água de chuva é uma das formas de ocorrência de água na natureza e faz parte do processo de trocas do ciclo hidrológico. As chuvas são fundamentais para a recarga dos rios, dos aquíferos, para o desenvolvimento das espécies vegetais e também para carregar partículas de poeira e poluição existentes na atmosfera. A qualidade das águas pluviais pode variar em relação ao grau de poluição do ambiente. Os requisitos de qualidade e segurança sanitária das águas pluviais estão diretamente relacionados com o fim a que se destinam.

Segundo Fendrich (2009 *apud* Giacchini 2015) a tecnologia para o uso da água de chuva nas edificações é a soma das seguintes técnicas:

a) coletar a água que precipita no telhado;

b) eliminar a água do início da chuva (descarte inicial);

c) unidades de sedimentação, filtragem, tratamento e melhoria da qualidade da água;

d) armazenar a água da chuva em reservatórios;

e) abastecer os locais de uso;

f) drenar o excesso da água de chuva, em caso de chuvas intensas;

g) completar a falta de água em caso de estiagem prolongada.

A figura 5 representa um sistema completo de uso de água pluvial.

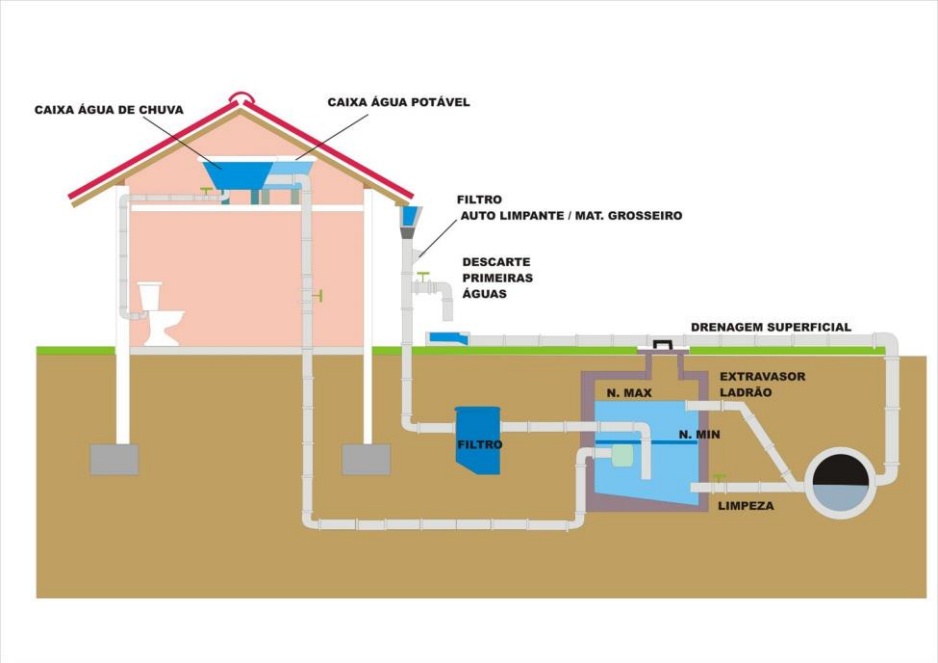

Figura 5 - Sistema de Uso de Água Pluvial
Fonte: Tempo de Construir (2015)

5. Wood Frame

O *Wood frame* para casas consiste num sistema construtivo industrializado, durável, estruturado em perfis de madeira reflorestada tratada, formando painéis de pisos, paredes e telhado que são combinados e/ou revestidos com outros materiais, com a finalidade de aumentar os confortos térmico e acústico, além de proteger a edificação das intempéries e também contra o fogo. Nos EUA a tecnologia *Wood frame* é utilizada em 95% das casas construídas. (CALIL JUNIOR E MOLINA, 2010).

Na figura 6 pode-se observar uma casa construída com painéis *Wood frame.*

Figura 6 - Wood Frame
Fonte: Casas Kurten (2015)

Este sistema permite a construção de casas de até cinco pavimentos com total controle dos gastos já na fase de projeto devido à possibilidade de industrialização do sistema. A madeira é utilizada, neste caso, principalmente como estrutura interna das paredes e pisos, proporcionando uma estrutura leve e de rápida execução. (CALIL JUNIOR E MOLINA, 2010).

De acordo com Calil Junior e Molina (2010) a madeira é único material de construção renovável, que demanda baixo consumo energético para produção, e sequestra carbono da atmosfera durante o crescimento da árvore. Apresenta ainda fácil trabalhabilidade, excelente desempenho térmico (absorve 40 vezes menos calor que a alvenaria de tijolos) e acústico, além de elevada relação resistência/peso, o que faz da madeira um material adequado para a industrialização de elementos no sentido de facilitar o transporte das peças e posterior montagem na obra. Somadas a todas essas vantagens, no Brasil, os projetos com estruturas baseadas em *Wood frames* têm utilizado como matéria prima o pinus e, em menor quantidade o eucalipto, ambas as espécies de reflorestamento, e que apresentam crescimento rápido.

Em termos estruturais, quando comparada a outros materiais, também utilizados em construção como, por exemplo, o concreto e o aço, a madeira apresenta um excelente comportamento em situação de incêndio. Segundo Pinto (2001) *apud* Calil Junior e Molina

(2010), elementos estruturais de madeira, quando expostos ao fogo, carbonizam primeiramente seu perímetro externo, ficando o interior da madeira praticamente intacto.

Calil Junior e Molina (2010) indicam critérios estabelecidos pela norma americana WFCM 2001 e pelas normas europeias DIN 1052 (1998) e EUROCODE parte 2 (1997) para o dimensionamento de painéis estruturais em *Wood frame*.

6. Telhado Verde

Telhado verde é uma técnica arquitetônica onde se aplica solo e vegetação sobre uma camada impermeável, geralmente instalada na cobertura de edifícios. A instalação de um telhado verde torna-se uma ótima alternativa sustentável atualmente, pois dentre os diversos benefícios inclui-se também uma melhoria térmica no ambiente, protegendo o edifício de temperaturas extremas, especialmente no verão, fazendo com que a temperatura interna diminua em até 3°C, dispensando assim o uso de ar condicionado (FRAGMAQ, 2015).

De acordo com Viggiano (2015), esta solução é extremamente benéfica aos grandes centros urbanos que enfrentam problemas das ilhas de calor, poluição ambiental e enchentes causadas pelo ineficiente escoamento das aguas pluviais.

O autor ainda explica as duas formas de instalação da cobertura sustentável:

Instalação *in loco:* Os componentes são instalados no local, por meio de camadas fixas que permitem o perfeito desempenho do conjunto. Uma instalação *in loco* básica possui as camadas de impermeabilização da laje, drenagem e captação da água, manta geotêxtil, camada de estabilização das raízes, colmeia com substrato, camada de cobertura com substrato e plantas forrageiras.

Instalação Modular: Os componentes são instalados em módulos mediante estruturas especiais, possibilitando a criação de um colchão de ar entre as placas de plantio e a laje impermeabilizada. Nesse sistema, os módulos podem ser retirados para manutenção e substituição. A figura 7 representa um esquema de montagem da cobertura verde, porém existem diversas formas de montagem.

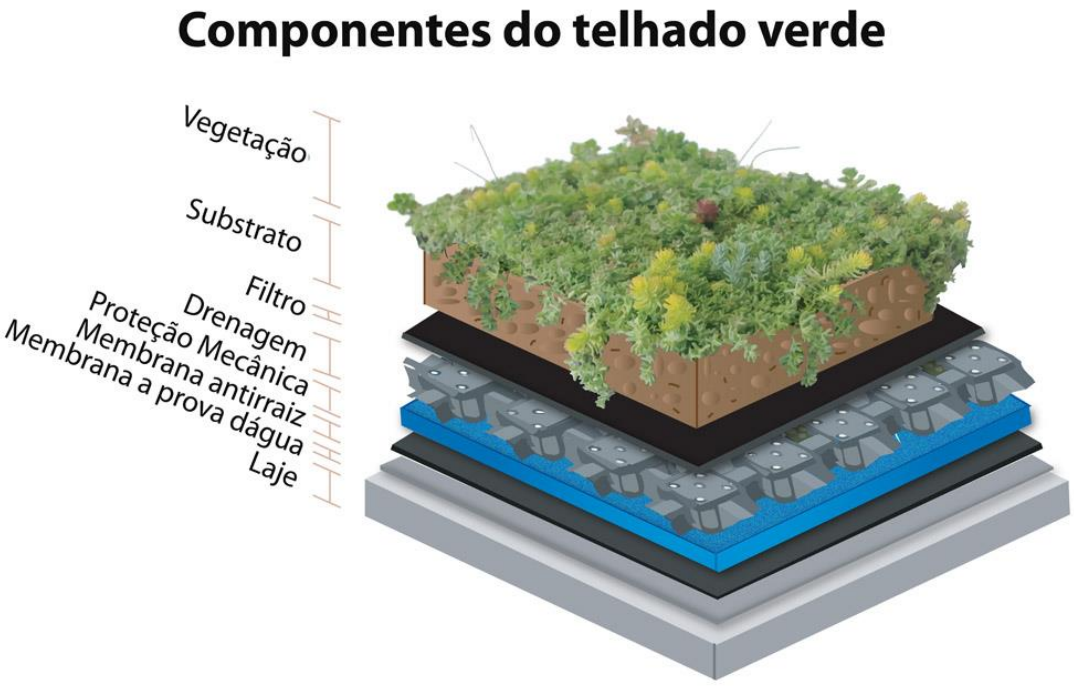

Figura 7 - Componentes do telhado verde
Fonte: Senacpr (2015)

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo geral

Definir as diretrizes arquitetônicas e construtivas sustentáveis para adaptação de contêineres de 20 pés para uso em habitações.

1.3.2 Objetivos específicos

Determinar as tecnologias mais apropriadas para contêineres no âmbito da sustentabilidade para sistema de aquecimento solar e uso racional da água.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 DEFINIÇÃO DE CONTÊINER

De acordo com o artigo 4º do decreto nº 80.145 de 15 de agosto de 1977, Brasil (2015), o container é um recipiente construído de material resistente, destinado a propiciar o transporte de mercadorias com segurança, inviolabilidade e rapidez, dotados de dispositivos de segurança aduaneira e devendo atender às condições técnicas e de segurança previstas pela legislação nacional e pelas convenções internacionais ratificadas pelo Brasil.

2.2 HISTÓRICO DO CONTÊINER

No inicio do transporte marítimo, o tonel foi uma solução ideal para o transporte de cargas. Esta embalagem, por ser resistente e de fácil manuseio, foi utilizada durante anos pelas civilizações no passado. (SANTOS, 1982)

A figura 8 representa o sistema utilizado por antepassados no início do transporte marítimo.

Figura 8 - Tonéis Aguardando para Embarque
Fonte: Angelfire (2015)

Porém, com o avanço da tecnologia e devido à globalização mundial, os tonéis foram ficando ultrapassados por gerarem algumas dificuldades, como por exemplo, incompatibilidade de medidas devido à diferença de cargas transportadas por diferentes

regiões. Neste ponto, observou-se a necessidade de padronizar as medidas das embalagens de transporte.

De Azevedo (2013) cita que as diversas nações do mundo se conscientizaram e começaram a ditar normas de padronização onde, depois de muitas discuções, os países envolvidos se dividiram em duas linhas de padronização: na Europa a *International Standards Organization* (ISO) e nos Estados Unidos a *American Standards Association* (ASA).

Segundo Barco (1998) a adoção de contêiner como acondicionador de carga teve maior significado a partir de 1956 onde, naquela época, já se percebeu as vantagens de sua utilização, tais como, rapidez de carga e descarga do navio e a facilidade de transferência de um modal de transporte para outro.

Taleb-Ibrahimi, Castilho e Daganzo (1993) *apud* Bandeira (2005), salienta que o contêiner foi o instrumento que revolucionou o transporte de cargas onde, com este, o volume de cargas transportadas aumentou e se tornou a parcela mais significativa do tráfego de mercadorias.

2.3 TIPOS DE CONTÊINERES

A figura 9 apresenta os tipos de contêineres, utilizações e suas dimensões.

			Medidas Internas			Medidas Externas		
Tipo	**Pés**	**Função**	**Comp.**	**Largura**	**Altura**	**Comp.**	**Largura**	**Altura**
Dry Box	20'	Container mais utilizado e adequado para o transporte da maioria das cargas gerais secas existentes, como alimentos, roupas, móveis, equipamentos, etc.	5,890mm	2,345mm	2,400mm	6,058mm	2,438mm	2,591mm
	40'		12,015mm	2,345mm	2,362mm	12,192mm	2,438mm	2,591mm
Ventilated	20'	Transporte de cargas que requerem ventilação como café e cacau.	5,890mm	2,345mm	2,400mm	6,058mm	2,438mm	2,591mm
	40'		12,015mm	2,345mm	2,362mm	12,192mm	2,438mm	2,591mm
Reefer	20'	Apropriado para embarque de cargas perecíveis congeladas ou refrigeradas, que precisam ter uma temperatura controlada, como carnes, sorvetes, frutas e verduras.	5,450mm	2,260mm	2,247mm	6,058mm	2,438mm	2,591mm
	40'		1,1550mm	2,270mm	2,200mm	12,192mm	2,438mm	2,591mm
Bulk Container	20'	Apropriado para transporte de granéis sólidos como produtos agrícolas.	5,890mm	2,345mm	2,400mm	6,058mm	2,438mm	2,591mm
	40'		12,015mm	2,345mm	2,362mm	12,192mm	2,438mm	2,591mm
Open Top	20'	Próprio para mercadorias que excedam a altura do container.	5,792mm	2,336mm	2,233mm	6,058mm	2,438 mm	2,591 mm
	40'		5,889mm	2,345mm	2,312mm	12,192mm	2,438mm	2,591mm
Open Side	20'	Apropriado para mercadorias que apresentam dificuldades para embarques pela porta dos fundos, ou que excedam um pouco a largura do equipamento ou ainda para agilização de sua estufagem.	5,792mm	2,336mm	2,233mm	6,058mm	2,438 mm	2,591 mm
Flat Rack	20'	Adequado para cargas pesadas e grandes e que excedam um pouco as suas dimensões.	5,800mm	2,263mm	2,134mm	6,058mm	2,263mm	2,134mm
	40'		12,066mm	2,263mm	2,134mm	12,192mm	12,192mm	2,591mm
Plataform	20'	Apropriado para cargas de grandes dimensões ou muito pesadas.	6,020mm	2,413mm	-	6,058mm	2,438mm	226mm
	40'		12,150mm	2,290mm	-	12,192mm	2,438mm	626mm
Tank	20'	Próprio para transporte de líquidos / gases a granel, perigosos ou não.	-	-	-	6,058mm	2,438 mm	2,591 mm

Figura 9 - Tipos de Contêineres
Fonte: Mourimar (2015)

2.4 NORMAS DE PADRONIZAÇÃO DE CONTÊINERES

Abaixo segue algumas normas regulamentadoras para a utilização de contêineres em seus diversos usos (ABNT, 2015).

a) ISO 1496 - 1 (2013) - Série 1 contentores de carga - Especificação e teste - Parte 1: Contentores de Carga Geral para Fins Gerais;
b) ISO 1496 - 2 (2008) - Série 1 contentores de carga - Especificação e teste - Parte 2: Recipientes Térmicos;
c) ISO 1496 - 3 (1995) - Série 1 contentores de carga - Especificação e teste - Parte 3: Os Contentores-Cisterna para Líquidos, Gases e Granel Seco Pressurizado;
d) ISO 1496 - 4 (1991) - Série 1 contentores de carga - Especificação e teste - Parte 4: Recipientes Não Pressurizados para Granéis Sólidos;
e) ISO 1496 - 5 (1991) - Série 1 contentores de carga - Especificação e teste - Parte 5: Plataforma e Recipientes Baseados em Plataforma;
f) ISO 8323 (1985) - Recipientes de frete - Ar / superfície (intermodais) de propósito gerais recipientes - Especificação e testes;
g) ISO 1161 (1984) - Série 1 contentores de carga - Peças de Canto - Especificação;
h) ISO 6346 (1995) - Recipientes de frete - Codificação, Identificação e Marcação.

2.5 EXEMPLOS MUNDIAIS DE UTILIZAÇÃO DE CONTÊINERES

2.5.1 Pop Brixton

Projetado em Londres - Inglaterra, o *Pop Brixton* foi concebido com um campus em comunidade para startups e empresas de pequeno porte. O construído é idealizado com a proposta de ser de baixo custo, utilização de contêineres de baixa energia e foco em sustentabilidade. Permitido para ser planejada em setembro de 2014, a construção iniciou-se em janeiro de 2015 e tem previsão de ficar pronto na primavera de 2015 (POPBRIXTON, 2015).

Figura 10 - Pop Brixton - Londres - UK
Fonte: POPBRIXTON 2015

2.5.2 Container Office

O arquiteto norte-irlandês Patrick Bradley, apresentou os planos para seu novo escritório a ser construído no condado de Derry. A concepção e construção do projeto estão sendo realizadas por uma empresa especializada em contêineres sob medida (Thornton Modular). Ainda em estágios iniciais o projeto não tem data para ser concluído (DESIGNBOOM, 2015).

Trata-se de um projeto ousado que devido ao espaço limitado, apresenta uma parte do container em balanço em um penhasco íngreme.

Figura 11 - Escritório Contêiner
Fonte: Design Boom (2015)

2.5.3 Casa Contêiner - Costa Rica

Chamada de “Casa Incubo” projetada pela arquiteta Maria José Trejos, a casa utiliza-se de contêineres como forma de construção. De acordo com os idealizadores o projeto apresentou diminuição de custos e o tempo de conclusão foi encurtado em 20%, além de ter apresentado redução de impactos ambientais e geração de CO2. A casa é utilizada também como escritório pela proprietária (DESIGNBOMM, 2015).

Figura 12 - Casa Contêiner - Costa Rica
Fonte: Design Boom, 2015

A utilização de contêineres em sua estrutura, não deixa de apresentar um bom aspecto estético e conforto visual.

2.5.4 Alojamento Estudantil - Joanesburgo

Neste projeto, foram convertidos silos de armazenamento de grãos não utilizados, em habitações para estudantes na cidade de Joanesburgo - África do Sul. É compreendido por 375 apartamentos individuais, além de espaços conjuntos como bibliotecas, salas de estudo, salas e informática e etc. (DESIGNBOOM, 2015). Toda esta estrutura formada por contêineres já não utilizados mais pela indústria naval e assim podendo ser reutilizados para um nobre fim.

Figura 13 - Alojamento Estudantil - Joanesburgo
Fonte: Design Boom, 2015

2.6 AVALIAÇÃO DE CUSTOS

Em termos de viabilidade financeira Milaneze (2012) *et al* apresenta um estudo financeiro realizado na cidade de Criciúma/SC e este esta apresentado na figura 14. Vale observar que foram retirados custos de instalações elétricas e hidros sanitárias e pintura para equiparar com a habitação em contêiner.

Edificação em alvenaria padrão Área = 25m²	**Custo**	**Casa *Container*: *Container* adaptado para moradia Área = 25m²**	**Custo**
Pelo Sinduscom Santa Catarina CUB médio do mês de julho de 2012: R$ 1190,16/m²	R$ 29754,00	Valor do contêiner	R$ 9800,00
Custos: Arquitetura & Construção Instalações Elétricas 5% à 7% do total	- R$ 1.487,60	Transporte a partir do porto de Imbituba	R$500,00
Custos: Arquitetura & Construção Instalações Hidrossanitárias 7% à 11% do total	- R$ 2.082,78	Revestimento do perímetro interno em gesso acartonado	R$ 2952,00,
Custos: Arquitetura & Construção Pintura 0,5% à 1% do total	- R$ 148,77	Esquadrias: 2 janelas 1 porta	 R$ 513,00 R$ 750,00
		Fundação Radier	R$9050,00
		Isolamento térmico em lã mineral	R$ 241,00
Total	**R$ 26.034,85**	**Total**	**R$ 23.806,00**

Figura 14 – Comparação de Custos
Fonte: Milaneze (2012) *et al*

Pode-se observar que a residência utilizando contêiner se saiu mais barata que a alvenaria padrão, além de conferir redução na produção de entulhos Milaneze (2012) *et al*.

2.7 SISTEMAS DE CERTIFICAÇÃO AMBIENTAL NO BRASIL

Valente (2009) *apud* Da Silva (2012) explica que o objetivo dos sistemas de certificação ambiental é avaliar o desempenho da construção e o funcionamento dos edifícios de modo a fornecer indicações aos especialistas sobre as diversas áreas analisadas, tais como a sua localização, o seu uso eficiente da água, o seu uso eficiente da energia, a qualidade ambiental interna, entre outras.

A seguir será feita uma breve contextualização dos sistemas de certificação ambientais mais utilizados no Brasil. Estes sistemas são utilizados para comprovar o quão preocupado a edificação se comporta junto ao meio ambiente e que podem ser enquadrados em habitações utilizando contêineres.

2.7.1 Procel Edifica

Betts (2011) cita o resultado de pesquisas brasileiras na área de conforto térmico e eficiência energética: Programa Nacional de Conservação e Uso Racional da Energia onde este estabelece níveis de consumo de energia para aparelhos eletrodomésticos onde posteriormente foi ampliado para classificar também o nível de consumo em edificações.

> O Programa Nacional de Eficiência Energética em Edificações – PROCEL EDIFICA foi instituído em 2003 pela ELETROBRAS/PROCEL e atua de forma conjunta com o Ministério de Minas e Energia, o Ministério das Cidades, as universidades, os centros de pesquisa e entidades das áreas governamental, tecnológica, econômica e de desenvolvimento, além do setor da construção civil.
> O PROCEL promove o uso racional da energia elétrica em edificações desde sua fundação, sendo que, com a criação do PROCEL EDIFICA, as ações foram ampliadas e organizadas com o objetivo de incentivar a conservação e o uso eficiente dos recursos naturais (água, luz, ventilação etc.) nas edificações, reduzindo os desperdícios e os impactos sobre o meio ambiente. (PROCELINFO, 2015).

Ainda neste contexto temos o artigo 2º da lei nº 10.295 (BRASIL, 2015) onde diz que o Poder Executivo estabelecerá níveis máximos de consumo específico de energia fabricados ou comercializados no País, além do artigo 3º que obriga os fabricantes e importadores de máquinas e aparelhos a obedecerem estes níveis máximos de consumo.

2.7.2 AQUA

O processo AQUA é uma certificação internacional da construção sustentável desenvolvido a partir da certificação francesa *Démarche HQE (Haute Qualité Environmentale)* e aplicado no Brasil exclusivamente pela Fundação Vanzolini. Fundação Vanzolini (2015).

A avaliação da qualidade ambiental do edifício é feita por 14 categorias e as classifica nos níveis base, boas praticas ou melhores praticas, conforme o perfil ambiental definido pelo empreendedor (FUNDAÇÃO VANZOLINI, 2015).

A figura 15 representa o perfil mínimo de desempenho para a certificação AQUA, sendo na cor verde as melhores práticas (prática corrente ou regulamentar), amarelo boas práticas e em cinza a base (desempenho calibrado conforme o desempenho máximo constatado recentemente nas operações de alta qualidade ambiental).

Figura 15 - Perfil Mínimo de desempenho para certificação
Fonte: Fundação Vanzolini (2015)

A figura 16 representa as etapas para o processo de certificação.

Figura 16 - Etapas do Processo de Certificação
Fonte: Fundação Vanzolini

2.7.3 LEED

O Processo LEED é um sistema internacional de certificação e orientação ambiental para edificações, utilizado em 143 países, e possui o intuito de incentivar a transformação dos projetos, obra e operação das edificações, sempre com foco na sustentabilidade de suas atuações. (GBCBRASIL, 2015).

Em sua pesquisa de Amaral (2013), explica que é uma certificação independente e imparcial onde funciona como um atestado de que a edificação é ambientalmente responsável, rentável e um lugar saudável para viver e trabalhar.

Segundo o GBCBRASIL (2015) o LEED é avaliado de acordo com sete dimensões com diferentes pesos, onde a pontuação (créditos) é obtida de acordo com cada exigência atendida. Abaixo segue a lista das sete dimensões:

1) **Sustainable sites (Espaço Sustentável)** – Encoraja estratégias que minimizam o impacto no ecossistema durante a implantação da edificação e aborda questões fundamentais de grandes centros urbanos, como redução do uso do carro e das ilhas de calor.

2) **Water efficiency (Eficiência do uso da água)** – Promove inovações para o uso racional da água, com foco na redução do consumo de água potável e alternativas de tratamento e reuso dos recursos.

3) **Energy & atmosphere (Energia e Atmosfera)** – Promove eficiência energética nas edificações por meio de estratégias simples e inovadoras, como por exemplo simulações energéticas, medições, comissionamento de sistemas e utilização de equipamentos e sistemas eficientes.

4) **Materials & resources (Materiais e Recursos)** – Encoraja o uso de materiais de baixo impacto ambiental (reciclados, regionais, recicláveis, de reuso, etc.) e reduz a geração de resíduos, além de promover o descarte consciente, desviando o volume de resíduos gerados dos aterros sanitários.

5) **Indoor environmental quality (Qualidade ambiental interna)** – Promove a qualidade ambiental interna do ar, essencial para ambientes com alta permanência de pessoas, com foco na escolha de materiais com baixa emissão de compostos orgânicos voláteis, controlabilidade de sistemas, conforto térmico e priorização de espaços com vista externa e luz natural.

6) **Innovation in design or innovation in operations (Inovação e Processos)** – Incentiva a busca de conhecimento sobre Green Buildings, assim como, a criação de medidas projetuais não descritas nas categorias do LEED. Pontos de desempenho exemplar estão habilitados para esta categoria.

7) **Regional priority credits (Créditos de Prioridade Regional)** – Incentiva os créditos definidos como prioridade regional para cada país, de acordo com as diferenças ambientais, sociais e econômicas existentes em cada local.. Quatro pontos estão disponíveis para esta categoria.

Todas as dimensões possuem pré-requisitos e pontuações adicionais. O nível de certificação é definido pelo numero de pontos que a edificação atinge podendo varias de 40 (nível certificado) a 110 pontos (nível platina) (GBCBRASIL, 2015).

2.7.4 Selo Casa Azul da Caixa Econômica Federal

O selo Casa Azul da CEF é uma classificação socioambiental dos projetos habitacionais e tem por finalidade reconhecer os empreendi mentos que adotem soluções eficientes na construção, uso, ocupação e manutenção (CAIXA, 2015). Trata-se do primeiro sistema de classificação da sustentabilidade de projetos ofertado no Brasil, desenvolvido para a realidade da construção habitacional brasileira (JOHN E PRADO, 2010).

O método utilizado pela Caixa consiste em verificar, durante a análise de viabilidade técnica do empreendimento, o atendimento aos critérios estabelecidos pelo instrumento, que estimula à adoção de práticas voltadas a sustentabilidade ambiental (JOHN E PRADO, 2010).

Para o recebimento do certificado, semelhante a outros sistemas de certificação já apresentados, o empreendimento pode atingir diferentes níveis de classificação que são: Ouro, Prata e Bronze. Para o reconhecimento destes níveis são estabelecidos os critérios de atendimento mínimo conforme a figura 17.

Gradação	Atendimento mínimo
BRONZE	19 Critérios obrigatórios
PRATA	Critérios obrigatórios e mais 6 critérios de livre escolha = 25 critérios
OURO	Critérios obrigatórios e mais 12 critérios de livre escolha = 31 critérios

Figura 17 - Critérios de Atendimento Mínimo
Fonte JOHN E PRADO (2010).

3 METODOLOGIA

Os procedimentos realizados iniciaram-se com pesquisas bibliográficas para conhecer desde a definição de contêineres, histórico de sua utilização na navegação marítima, seus diversos tipos e funções para transporte de cargas até sua reutilização em projetos habitacionais. Além das definições e utilizações de contêineres, buscou-se compreender a sustentabilidade de forma geral, conhecendo-se os diversos materiais e tecnologias utilizadas na construção civil.

Para o entendimento de questões decorrentes do uso de contêineres na construção civil, dificuldades e facilidades, foram realizadas visitas em empresas que já utilizam este método construtivo. Estas empresas industrializam contêineres para uso em residências, escritórios comerciais, lojas e pontos de alimentação.

Conhecendo as diversas vantagens e desvantagens, problemáticas e soluções interessantes do método construtivo, estudou-se o contêiner de 20 pés em si, para assim, poder determinar as dimensões dos cômodos e localização das mobílias.

Os projetos foram realizados com auxílio de ferramentas computacionais e softwares específicos para desenho arquitetônico sendo eles: AutoCad e SketchUp.

Pesquisas bibliográficas foram realizadas para conhecer os sistemas de certificação ambiental mais utilizados no Brasil e em que ponto a construção baseada na utilização de contêineres se enquadra no âmbito da sustentabilidade.

O dimensionamento do sistema de aquecimento solar da água foi feito com base na NBR 15.569 (ABNT, 2008) e o sistema de aproveitamento de águas pluviais com base na NBR 10.844 (ABNT, 1989) e na cartilha de edifícios sustentáveis (Viggiano, 2015).

4 RESULTADOS

A seguir serão apresentados os projetos da habitação divididos nas seguintes pranchas:

01/02 - Planta baixa;
02/02 - Elevações 3d e vista superior.

As elevações estão expostas nas figuras 18, 19, 20 e 21 e a vista superior na figura 22.

Espaço para planta baixa

Na Figura 18 pode-se observar a fachada da edificação

Figura 18 – Elevação Frontal
Fonte: o Autor, 2015

Na figura 19 observa-se a elevação direita. Pode-se observar o reservatório utilizado para uso da água da chuva.

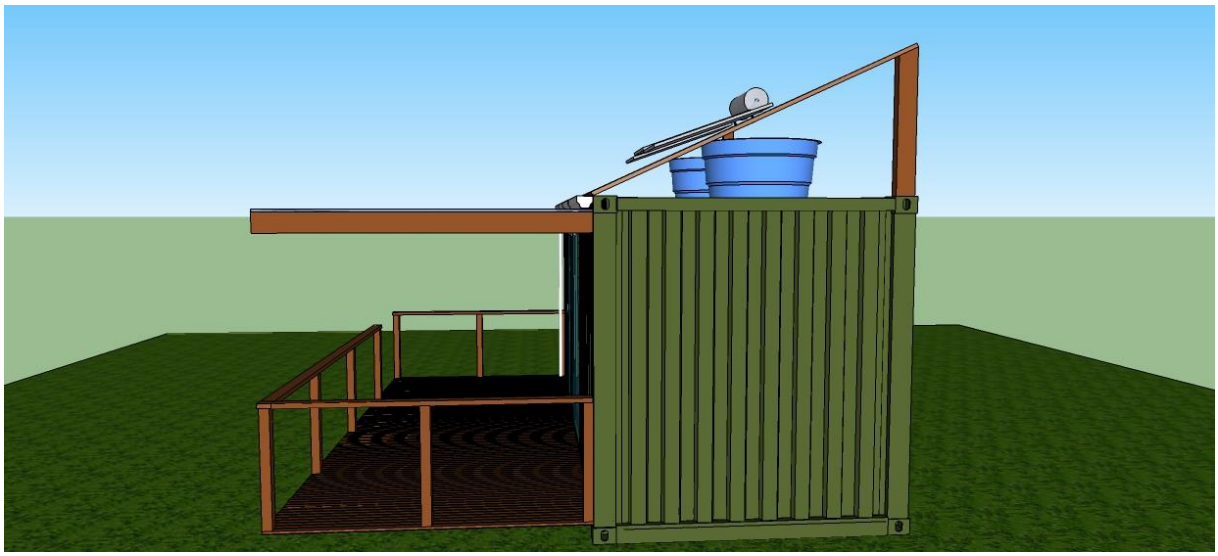

Figura 19 - Elevação Direita

Fonte: o Autor, 2015

Na figura 20 observa-se a elevação esquerda.

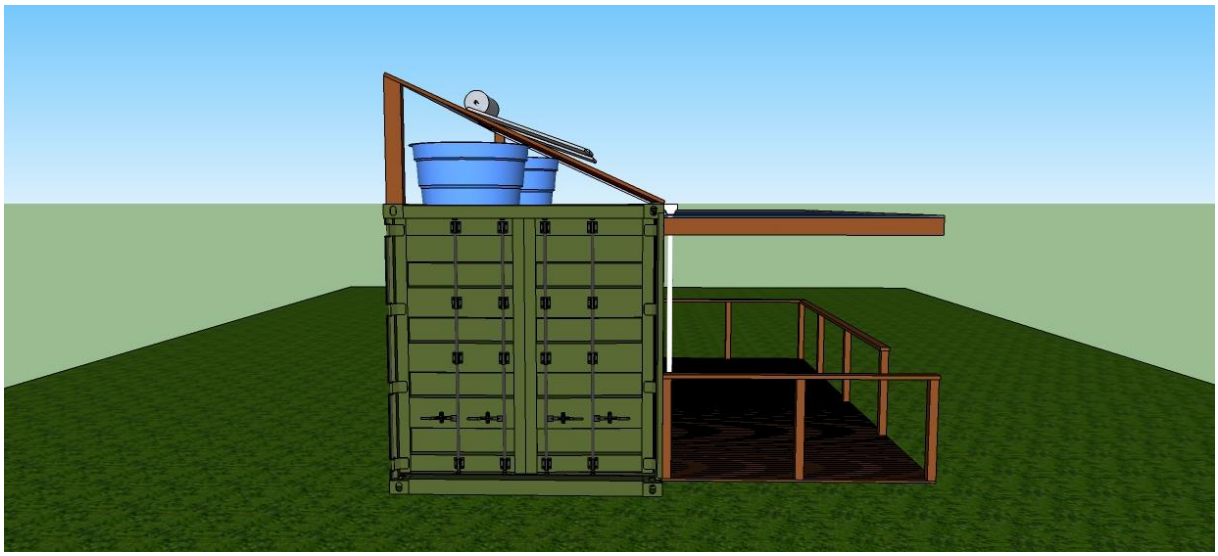

Figura 20 - Elevação Esquerda

Fonte: o Autor, 2015

Na figura 21 observa-se a elevação posterior da edificação.

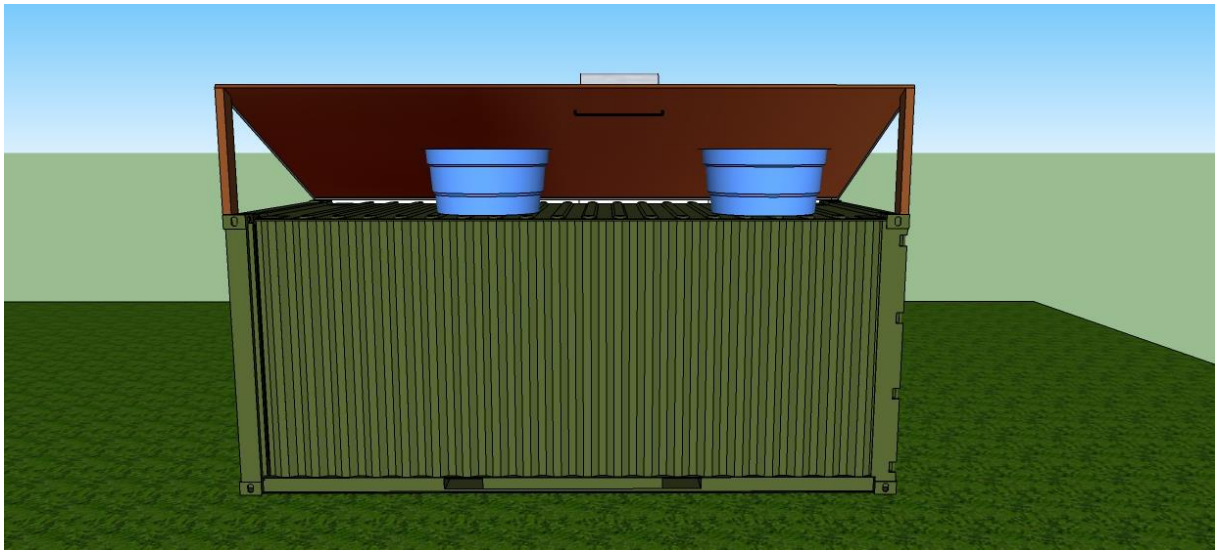

Figura 21 – Elevação Posterior
Fonte: o Autor, 2015

Na figura 22 observa-se a vista superior da edificação. Pode-se observar os painéis solares utilizados para aquecimento da água.

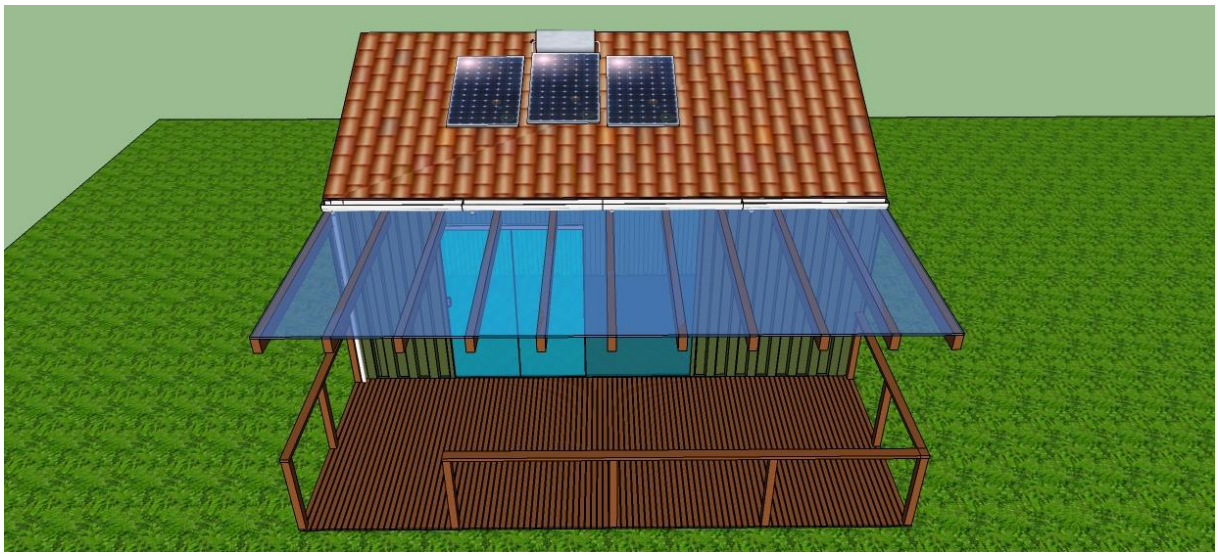

Figura 22 – Vista Superior
Fonte: o Autor, 2015

Como parâmetros sustentáveis indicados para o Conteiner, sugere-se a utilização de painéis solares para aquecimento da água, a utilização de painéis fotovoltaicos para geração de energia elétrica, o aproveitamento da água da chuva para uso em bacias sanitárias e lavagem automóveis e pisos. Porém, não descartando as diversas outras tecnologias em favor do meio ambiente.

5 CONCLUSÃO

Com as pesquisas realizadas e as visitas em empresas que trabalham com projetos de habitações em contêineres, pode-se perceber que a utilização deste produto é uma solução bastante interessante para o meio ambiente, pois se retira um material descartado à natureza e proporciona-lhe uma boa finalidade, assim contribuindo para o progresso do desenvolvimento sustentável do planeta.

Além do exposto, a alternativa pode conferir a obra uma grande agilidade no tempo de execução se comparado aos métodos convencionais utilizados na construção civil. Fator muito importante visto que o setor requer soluções eficientes e está em franca expansão.

Também, como indica o capítulo 2.6, a alternativa construtiva apresenta uma solução bastante interessante em termos financeiros.

5.1 SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS

Para a complementação e viabilização do projeto apresentado, sugere-se a elaboração de um estudo financeiro para comparação entre métodos construtivos e análise de viabilidade financeira.

Sugere-se também, a elaboração de projetos complementares ao arquitetônico, sendo eles:

a) Projeto elétrico;
b) Projeto hidráulico;
c) Análise do solo e condições do local para estudo de fundações;
d) Orientação solar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABMAPRO - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MARCAS PRÓPRIAS E TERCEIRIZAÇÃO. **Artigo confeccionado pelo Comitê Técnico da Associação Brasileira de Marcas Próprias e Terceirização. São Paulo, 2011**. Disponível em <http://www.abmapro.org.br/page/artigos_detalhes.asp?id=5>. Acesso em 20 mar. 2015.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Disponível em <http://www.abntcatalogo.com.br>. Acesso em 18 fev. 2015.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Disponível em http://hidroweb.ana.gov.br/. Acesso em 22 mar. 2015.

ANGELFIRE. Portos Fluviais e navegação marítima. Disponível em: <http://www.angelfire.com/planet/portos/Index_arquivos/page0022.htm> acesso em 19 fev. 2015.

ÂNGULO, S. C.. **Caracterização de agregados de resíduos de construção e demolição reciclados e a influencia de suas características no comportamento de concretos.** Tese de doutorado. Universidade de São Paulo, 2005.

AQUESOL. **Coletores solares**. Disponível em: http://www.aquesol.com/produtos/0,5953_coletor-solar-aquesol-ma-01-v. Acesso em 25 mar. 2015.

ARAÚJO, M. A. **Produtos ecológicos para uma sociedade sustentável.** Artigo IDHEA - Instituto para o desenvolvimento da habitação ecológica. Disponível em <http://www.idhea.com.br/artigos_entrevistas.asp>. Acesso em 15 mar. 2015.

BANDEIRA, D. L. **Alocação e movimentação de contêineres vazios e cheios - um modelo integrado e sua aplicação.** Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005.

BARCO, B. L. **A logística do contêiner vazio**. Dissertação de mestrado. USP. São Paulo, 1998.

BECODACONVIVENCIA. **Obtenção de Energia.** Disponível em: https://becodaconvivencia.wordpress.com/category/uncategorized/. Acesso em 22 mar. 2015.

BETTS, G. S. **Procel Edifica como referencial para intervenção na envoltória de edifício existente: O caso do edifício Delta**. Monografia de pós graduação. Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia. São Caetano do Sul, 2011.

BRASIL. **Decreto nº 80.145, de 15 de Agosto de 1977.** Brasília. 1977. Disponível em <http://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1970-1979/decreto-80145-15-agosto-1977-429176-publicacaooriginal-1-pe.html>. Acesso em 19 fev. 2015.

BRASIL. Lei nº 10.295, de 17 de Outubro de 2001. Brasília 2001. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/L10295.htm. Acesso em 19 fev. 2015.

BRUNDTLAND, G H. **Nosso futuro comum: comissão mundial sobre meio ambiente e desenvolvimento**. 2. ed. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1991.

CAIXA. Caixa Econômica Federal. **Selo Casa Azul.** Disponível em http://www.caixa.gov.br/sustentabilidade/produtos-servicos/selo-casa-azul/Paginas/default.aspx. Acesso em 15 fev. 2015.

CALIL JUNIOR, C. E MOLINA, J. C. **Sistema construtivo em *Wood frame* para casas de madeira**. 2010. Tese de pós doutorado. Universidade de São Paulo, 2010.

CASAGRANDE JR, E. F. **Princípios e Parâmetros para a Construção Sustentável.** Curitiba. Dissertação. 2013. Disponível em: <http://aplicweb.feevale.br/site/files/documentos/pdf/23234.pdf>. Acesso em 13 fev. 2015.

CASAS KURTEN. **O que é Wood Frame**. Disponível em http://www.casaskurten.com.br/blog/casas-industrializadas-2/o-que-e-wood-frame/. Acesso em 27 fev. 2015

CURITIBA. **Prefeitura Municipal de Curitiba – Paraná**. Site institucional <http://www.curitiba.pr.gov.br>. Acesso em 02 de mar de 2015.

DA SILVA, R. C.. **Proposta de melhorias para a fase de projetos de edificações públicas sob o foco da sustentabilidade ambiental: Estudo de caso de um edifício de uma Instituição Federal de Ensino Superior (IFES) de acordo com o sistema de certificação leed.** Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2012.

DE AMARAL, M. A. T. ***Green Building*: Análise das dificuldades (ainda) enfrentadas durante o processo de certificação Leed no Brasil.** Dissertação de Mestrado. Escola Brasileira de Administração Publica de Empresas. Rio de Janeiro, 2013.

DE AZEVEDO, F. F. **Etapas da certificação de *container offshore* e análise das tensões e deformações, através de um estudo de caso.** Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2013.

DESIGNBOOM. **Container Buildings.** Disponível em http://www.designboom.com/tag/container-buildings/. Acesso em 29 mar. 2015.

DO NASCIMENTO, C. A. **Principio de funcionamento da célula fotovoltaica.** Monografia de doutorado. Universidade Federal de Lavras, 2004.

ENTREPRENEUR'S TOOLKIT. **Aquecedor solar de água no Brasil**. Disponível em http://www.entrepreneurstoolkit.org/index.php?title=Aquecedor_solar_de_%C3%A1gua_no_Brasil. Acesso em 25 fev. 2015.

FRAGMAQ. **O que é e como aplicar um telhado verde.** Disponível em www.fragmaq.com.br/blog/o-que-e-e-como-aplicar-um-telhado-verde/. Acesso em 12 de mar. 2015.

FUNDAÇÃO VANZOLINI. O processo AQUA-HQE. Disponível em < http://vanzolini.org.br/conteudo-aqua.asp?cod_site=104&id_conteudo=1159>. Acesso em 13 fev. 2015.

GBCBRASIL. **Certificação LEED**. Disponível em http://www.gbcbrasil.org.br/sobre-certificado.php. Acesso em 13 fev. 2015.

GICANCCHINI, M. **Série de cadernos técnicos do CREA-PR – Uso e Reuso da Agua**. Disponível em: <http://www.crea-pr.org.br/index.php?option=com_phocadownload&view=category&id=37:cadernos-tecnicos>. Acesso em 2 fev. 2015

JOHN, V. M.; PRADO, R. T. A. **Selo Casa Azul: Boas práticas para habitação mais sustentável**. São Paulo: Páginas & Letras, 2010.

KOSSAR JUNIOR, M. **Proposta de reuso de águas na indústria de produção de celulose e papel Kraft**. Universidade Federal do Paraná. 2011.

LAYTON, J. **Como funciona a energia eólica**. Artigo. Disponível em < http://www.fiec.org.br/artigos/energia/energia_eolica.htm>>. Acesso em 20 mar. 2015.

Luís, R. **São Luiz está no tempo da carroça.** Disponível em http://rlat05.blog.uol.com.br/arch2011-01-30_2011-02-05.html#2011_01-31_22_53_11-9064247-0. Acesso em 22 mar. 2015.

MILANEZE, G. L. S. *et al*. **A Utilização De Containers Como Alternativa De Habitação Social No Município De Criciúma/Sc.** 1º Simpósio de Integração Científica e Tecnológica do Sul Catarinense – SICT-Sul. Rev. Técnica Científica (IFSC), v. 3, n. 1. 2012

MOURIMAR. **Tipos de Containers**. Disponível em <http://www.mourimar.com.br/ferramentas.html>. Acesso em 18 fev. 2015.

NAVROSKI, M. C. *et al*. **Avaliação Do Isolamento Térmico De Três Diferentes Materiais Usados Na Construção E Preenchimento De Paredes Externas.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Maria, 2010.

OLIVEIRA, A. B. de F.. **Inserção de sistemas construtivos industrializados de ciclo aberto estruturados em aço no mercado da construção civil residencial brasileira.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Ouro Preto, 2013.

PAES, R. F. de S. **Materiais de Construção e Acabamento para Escolas Públicas na Cidade do Rio de Janeiro: Uma Reflexão sob Critérios de Sustentabilidade.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2008.

POPBRIXTON. **What is Pop Brixton?** Disponível em http://www.popbrixton.org/#!about/cee5. Acesso em 29 mar. 2015.

PORTAL BRASIL, 2010. **Saiba mais sobre o Protocolo de Quito**. Disponível em: <http://www.brasil.gov.br/meio-ambiente/2010/11/protocolo-de-quioto>. Acesso em 19 fev. 2015.

PROCELINFO. **Procel Edifica - Eficiência energética nas edificações**. Disponível em: <www.procelinfo.com.br>. Acesso em 11 mar. 2015.

PROTOLAB - Laboratório de Propriedades Termofísicas e Prototipação. **Condutividade Térmica de Materiais de Construção**. Disponível em: < http://www.protolab.com.br/Tabela-Condutividade-Material-Construcao.htm>. Acesso em 25 mar. 2015.

ROAF, S. **Ecohouse: a casa ambientalmente sustentável / Sue Roaf, Manuel Fuentes, Stephanie Thomas; tradução Alexandre Salvaterra. – 3. Ed. –** Porto Alegre: Bookman, 2009.

SANTOS, J.C.. **O transporte marítimo Internacional**. São Paulo, Aduaneiras, 1982.

SENACPR. **Por que optar por Ecotelhado em meu projeto?** Disponível em http://www.ensino.pr.senac.br/Londrina/tecnologia%20da%20Construcao/telhado%20verde.html. Acesso em 22 mar. 2015.

SOSMA - FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA. **Agressões Frequentes**. Disponível em <http://www.sosma.org.br/participe/guia-de-denuncias/agressoes-frequentes/> . Acesso em 20 mar. 2015.

TAJRA, H.. **O Senado e as contratações sustentáveis, um novo paradigma nas licitações.** 27/09, 2010. Disponível em: <http://www.senado.gov.br/senado/programas/senadoverde/detalha_noticias.asp?data=27/09/2010&codigo=85709>. Acesso em 18 fev. 2015.

TECNOLOGIA E TREINAMENTO. **Características dos sistemas eólicos e seus componentes**. Disponível em http://www.tecnologiaetreinamento.com.br/agroindustrias/energia-alternativa-energia/caracteristicas-dos-sistemas-eolicos-e-seus-componentes/. Acesso em 25 fev. 2015.

TEMPO DE CONSTRUIR. Sistema de uso de água da chuva. Disponível em http://tempodeconstruir2014.blogspot.com.br/2014/11/agua-de-reuso.html. Acesso em 26 fev. 2015.

TUFFANI, M.. **Dez anos depois, Protocolo de Kyoto falhou em reduzir emissões mundiais**. 16/02, 2015. Disponível em: <http://www1.folha.uol.com.br/ambiente/2015/02/1590476-dez-anos-depois-protocolo-de-kyoto-falhou-em-reduzir-emissoes-mundiais.shtml>. Acesso em 18 fev. 2015.

VIGGIANO, M. H. S. **Edifícios públicos sustentáveis**. Brasília: Senado Federal, Subsecretaria de Edições Técnicas, 2010. 85 p. Disponível em: <http://www.gbcbrasil.org.br/sistema/referencia/1_(201110311947)Cartilhaedificios_publicos_sustentaveis_Senado_Verde.pdf>. Acesso em 05 mar. 2015.

ANEXO A - Dimensionamento do sistema de coleta de águas pluviais

- O sistema de coleta de águas pluviais consiste na captação da água pela cobertura da edificação passando por condutores horizontais e verticais e levada até a um reservatório subterrâneo. A partir deste reservatório a água é bombeada para os pontos de consumo.

a) Número de usuários da residência: 2 (máximo)

b) Área de contribuição: de acordo com a NBR 10.844 (ABNT, 1989) para realização do cálculo da área de contribuição deve-se levar em consideração a área inclinada da cobertura e as paredes que interceptem a água da chuva. No caso do projeto contêiner foi calculada a área considerando a inclinação da cobertura e considerado que não existem obstruções a área de contribuição. A figura 23 ilustra a área de cobertura.

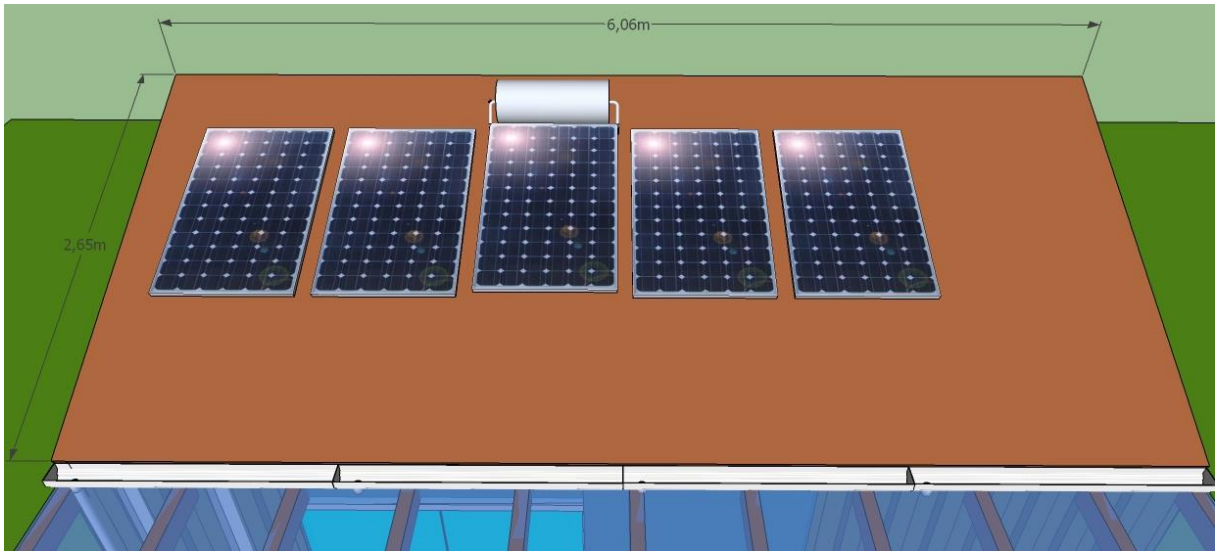

Figura 23 - Área de Captação
Fonte: o Autor, 2015

$$A = C \, x \, L$$

Equação 1

Onde:

A= Área de contribuição (m²);

C = Comprimento do telhado (m);

L = Largura do telhado (m).

$$A = 6{,}058 \, x \, 2{,}645 = 16{,}02 m^2$$

c) Intensidade Pluviométrica:

A intensidade pluviométrica mensal foi calculada seguindo os dados históricos da estação pluviométrica a seguir localizada na cidade de Curitiba/PR:

Código: 02549006;

Nome: Curitiba;

Responsável: ANA (Agencia Nacional de Águas);

Operadora: AGUASPARANÁ;

Latitude: -25:26:0;

Longitude: -49:16:0.

Os dados podem ser encontrados no sítio da HIDROWEB (ANA, 2015), onde estes apresentam dados mensais desde janeiro de 1889 a setembro de 2014 contendo um total de 1411 registros. A partir destes registros foi feito a somatória total mensal e dividido pelo número de meses para conhecer a intensidade pluviométrica média mensal totalizando: 118,94 mm.

d) Cálculo do volume captado mensal:

O volume captado mensal pode ser calculado de acordo com a equação:

$$V = P \, x \, A$$

Equação 2

Onde:

V = volume captado mensal (L);

P = precipitação mensal (L/m²);

A = área de contribuição (m²);

$$V = 118{,}94 \, x \, 16{,}02 = 1.905{,}41 \, L$$

e) Calculo do volume captado considerando-se perdas: Para saber o volume real captado deve-se considerar o tipo de filtro instalado no sistema. Para o projeto contêiner foi considero o filtro do tipo cascata autolimpante e este apresenta um fator de eficiência de 90%,

ou seja, 10% do volume total é descartado. O fator de eficiência deve ser multiplicado pelo volume captado para saber o volume real.

$$V = 0{,}90 \; x \; 1.905{,}41 = 1.714{,}87 \; L$$

Foi dividido o volume mensal por 4 para saber o volume semanal:

$$Vmensal = \frac{1714{,}87}{4} = 428{,}72L$$

f) Estimativa de consumo de água aproveitada:

Para a estimativa de consumo de águas pluviais foi utilizado valores tabelados, conforme figura 24, onde esta apresenta valores referenciais de cada ponto de uso. Para o projeto contêiner foi considerado o uso na bacia sanitária com 2 contribuintes, lavagem do piso interno da edificação e lavagem mensal de 1 automóvel.

VALORES REFERENCIAIS DE CONSUMO DE ÁGUA NO SERVIÇO PÚBLICO (Tomaz, 2000)

	consumo médio	unidade
Chuveiro	110	litros/banho
Irrigação de jardins	1,5	litros/m²
Lavagens de autos	100	litros/auto
Lavagens de pisos e calçadas	1	litros/m²
Lavanderia	30	litros/kg de roupa seca
Restaurante	25	litros/refeição
Vaso sanitário	30 a 50	litros/funcionário/dia

Figura 24 - Valores Referenciais
Fonte: Tomaz (2000) *apud* Viggiano (2015).

Bacia sanitária: 30L x 2 Usuários x 7 dias = 420 L/semana

Lavagem de piso: 1L/m² x 13,69m² x 2 dias = 27,38 L/semana

Lavagem de automóvel: 100 L/auto x 1 auto / 4 semanas = 25 L/semana

Total de consumo: 472,38 L/semana.

g) Dimensionamento do Reservatório Subterrâneo

De acordo com a cartilha de edifícios sustentáveis (Viggiano, 2015), adota-se a média de captação da semana como parâmetro para o tamanho do reservatório, uma vez que, o consumo da semana (472,38L) foi superior ao volume captado semanal (428,72L). Sendo assim temos o volume do reservatório de 500L.

h) Dimensionamento de calhas e condutores

Área de contribuição: pode ser calculada pela equação 3:

$$A = \left(a + \frac{h}{2}\right) x\ b;$$

Equação 3

Onde:

A = área de contribuição (m²);

a = distância horizontal entre a cumeeira e o final do telhado (m);

H= altura do telhado (m);

B = comprimento do telhado (m).

Assim,

$$A = \left(2{,}65 + \frac{1{,}13}{2}\right) x\ 6{,}06 = 19{,}48\ m^2$$

A intensidade pluviométrica foi obtida através da NBR 10.844/1989 (ABNT, 1989), e considerado um período de retorno de 5 anos. Esta intensidade é 204 mm/h (Curitiba / PR).

Vazão real: é a vazão em L/min que os condutores receberão e pode ser calculada pela equação 4:

$$\boldsymbol{Q = \frac{i\ x\ A}{60}}$$

Equação 4

Onde:

I = intensidade pluviométrica (mm/h);

A = área de contribuição (m²).

Assim,

$$Q = \frac{204\ x\ 19{,}48}{60} = 66{,}23L\ /min$$

i) Dimensionamento dos condutores horizontais:

O dimensionamento das calhas foi feito a partir da equação 5. Neste, foram adotados os valores das dimensões da calha e foi verificado se esta suporta a vazão real. A calha calculada tem dimensões de 20 cm x 10 cm (largura x altura) e trabalha a meia seção (lâmina d'água na altura da metade da calha). A vazão que esta calha suporta é denominada Vazão de projeto.

$$Q = K \times \frac{s}{n} \times Rh^{2/3} \times i^{1/2}$$

Equação 5

Onde:

Q= Vazão de projeto (L/min)

S = Área da seção molhada (m²)

N = coeficiente de rugosidade

Rh = raio hidráulico (m)

I = declividade da calha (m/m)

K = 60.000

Assim,

$$Q = 60000\ x \frac{0{,}010}{0{,}011}\ x\ 0{,}033^{2/3}\ x\ 0{,}01^{1/2} = 564{,}95\ L/min$$

Visto que a vazão da calha supera a vazão solicitada, a calha escolhida é suficiente para o dimensionamento.

j) Dimensionamento dos condutores verticais

O dimensionamento dos condutores verticais foi feito com os seguintes dados: h (altura da lâmina d'agua na calha), L (comprimento do condutor vertical) e Q (vazão de projeto). A calha adotada é do tipo aresta viva.

Considerando que H = 50 mm e L = 2,44 m, a vazão de projeto calculada para cada condutor é:

Q = 204 x 19,48 / 60 = 66,23 L/min: D= 58 mm

Como o diâmetro calculado ficou inferior ao diâmetro mínimo especificado pela norma, adotou-se o mínimo. D = 70 mm

ANEXO B - Dimensionamento do Sistema de Aquecimento Solar

Através deste dimensionamento, poderá se verificar a área necessária de coletores da energia solar para aquecimento da agua e o volume do reservatório de armazenamento necessário para o sistema.

Para a residência do projeto, será utilizada a agua quente para uso em chuveiros e torneiras considerando 2 usuários na residência. O consumo pode ser calculado pela equação 6

$$Vc = Qpu \times Tu \times f \times n$$

Equação 6

Onde:

Vc = volume de consumo diário (L/dia);

Qpu = Vazão da peça de utilização (l/min);

Tu = Tempo médio de utilização (min);

f = frequência de utilização;

n = número de usuários.

a) Consumo de água:

Ducha:

Tempo médio de banho: 10min;

Vazão da ducha: 6,6 L/min;

Frequência: 1 banho/dia.

Vducha = 10min x 6,6 L/min x 1 banho/dia x 2 usuários = 132 L/dia

Pia do banheiro:

Tempo médio de uso: 2 min;

Vazão da pia: 3 L/min;

Frequência: 2 usos/dia

Vpiabwc = 2 min x 3 L/min x 2 usos/dia x 2 usuários = 24 L/dia

Pia da cozinha:

Tempo médio de uso: 3 min;

Vazão da pia: 3 L/min;

Frequência: 2 usos/dia

Vpiacz = 3 min x 3 L/min x 2 usos/dia x 2 usuários = 36L/dia

Consumo total = 66 + 12 + 18 = 192 L/dia

b) Cálculo do volume do sistema de armazenamento para temperatura de armazenamento de 60 ºC pode ser obtido pela equação 7

$$Varmaz = \frac{Vc\ x\ Tcons - Tamb}{(Tarm - Tamb)}$$

Equação 7

Onde:

Varmaz = volume do sistema de armazenamento (L);

Tcons = temperatura de consumo (ºC);

Tamb = temperatura média anual do ambiente (ºC);

Tarm = temperatura de armazenamento (ºC).

Assim,

$$Varmaz = \frac{192\ x\ (40 - 13)}{(60 - 13)} = 110\ L$$

Obs.: A temperatura média anual do ambiente foi considerada de 13°C, que é a temperatura média do inverno da cidade de Curitiba-PR (CURITIBA, 2013).

c) Demanda de energia útil

A demanda de energia útil é obtida através da equação 8

$$Eútil = \frac{Varmaz\ x\ p\ x\ Cp\ x\ (Tarmaz - Tamb)}{3600}$$

Equação 8

Onde:

Eútil = energia útil (kWh/dia);

p = massa especifica da água (g/cm³);

Cp = calor específico da água (Kj/Kg);

Assim,

$$Eútil = \frac{192 \text{ x } 1 \text{ x } 4{,}18 \text{ x } (60 - 13)}{3600} = 10{,}48\ kWh/dia$$

d) Área de coletor

A área dos coletores pode ser calculada pela equação 9

$$Acoletor = \frac{(\text{Eútil} + \text{Eperdas}) \text{ x FCinstal x } 4{,}901}{\text{PMDEE x Ig}}$$

Equação 9

Acoletor = área do coletor solar (m²)

Eperdas = somatório das perdas do sistema (kWh/dia) no caso, considerado 15% da energia útil;

FCinstal = fator de correção para inclinação e orientação solar, calculado pela equação 10.

$$FCinstal = \frac{1}{1 - (1{,}2 \text{ x } 10^{-4} \text{ x } (\beta - \beta\text{otim})^2 + 3{,}5 \text{ x } 10^{-5} \text{x } \gamma^2)}$$

Equação 10

Onde:

β = inclinação do coletor em relação ao plano horizontal (º);

βotim = inclinação ótima do coletor para o local de instalação (º);

γ = ângulo de orientação dos coletores em relação ao norte geográfico (º).

Assim,

$$FCinstal = \frac{1}{1-(1{,}2 \text{ x } 10^{-4} \text{ x } (36-36)^2+3{,}5 \text{ x } 10^{-5} \text{x } 30^2)} = 1{,}00$$

PMDEE = produção média diária de energia específica do coletor solar (kWh/m²), calculado pela equação 11.

$$PMDEE = 4{,}901 \text{ x } (\text{Frτα} - 0{,}0249 \text{ x Frul})$$

Equação 11

Onde:

Fr$\tau\alpha$= coeficiente de ganho do coletor solar (adimensional);

Frul = coeficiente de perdas do coletor solar (adimensional).

Assim,

$$PMDEE = 4{,}901 \text{ x } (0{,}6967 - 0{,}0249 \text{ x } 5{,}6508) = 2{,}72 \text{ kWh/m}^2$$

Com os valores obtidos, pode-se calcular a área dos coletores:

$$Acoletor = \frac{(10{,}48 + 0{,}15 \text{ x } 10{,}48) \text{ x } 1{,}00 \text{ x } 4{,}901}{2{,}72 \text{ x } 4{,}90} = 4{,}43\ m^2$$

Ou seja, será necessária uma área de coletores de 4,43 m² para o consumo solicitado.

Para uma placa solar de 1,00 x 1,60m (AQUESOL, 2015), serão necessários 3 placas, totalizando 4,8m² de área de coleta.