

Reuso de *containers* marítimos na construção civil

Reuse of shipping containers in construction

Rita Guedes, Anarrita Bueno Buoro

SENAC- Santa Cecilia

Curso de Projeto Sustentável de Arquitetura e Design - pós-graduação *latu-sensu*

{r.guedesarquitetura@gmail.com; ritabuoro@usp.br}

Resumo. A pesquisa tem como objetivo analisar o reuso de container na construção civil, como método alternativo de construção sustentável, que promove a redução do uso de matérias-primas naturais, quando comparado ao sistema construtivo convencional. A pesquisa inclui estudos relacionados ao desenvolvimento sustentável e ao crescimento populacional, que contribui diretamente no aumento da demanda na construção, assim como, na manutenção do ambiente construído. Novas soluções tecnológicas devem suprir esta necessidade para a redução do impacto ambiental. Para atestar a viabilidade da qualidade ambiental do uso de containers, foi desenvolvido estudo de desempenho térmico com base em um modelo termodinâmico, desenvolvido a partir de uma unidade habitacional por meio de simulação energética no software Domus Eletrobrás. O resultado deste estudo confirmou a viabilidade do material aplicado em projetos residenciais para a zona bioclimática 3, onde foi obtida etiqueta da envoltória com nível A para o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE Edifica).

Palavras-chave: reuso, *container*, impacto ambiental, construção civil, sustentabilidade.

Abstract. *The research analyzes shipping container reuse in construction, as an alternative method of sustainable construction, which promotes reducing the use of natural resources materials compared to conventional building system. The research includes studies related to sustainable development and population growth that have direct impact on increasing demand for construction, as well as maintenance of the built environment. New technological solutions should attend this need to reduce the environmental impact. To attest the viability of the environmental quality of the use of containers, was done study of thermal performance based on a thermodynamic model developed from a housing unit through energy simulation software in Domus Eletrobras. The result of this study confirmed the viability of the material applied in residential projects for bioclimatic zone 3 and the project obtained envelope label level A to Brazilian Labeling Program (PBE Edifica).*

Key words: reuse, *container*, environmental impact, construction, sustainability.

Iniciação - Revista de Iniciação Científica, Tecnológica e Artística

Edição Temática em Sustentabilidade

Vol. 5 no 3 – Agosto de 2015, São Paulo: Centro Universitário Senac

ISSN 2179-474X

Portal da revista: <http://www1.sp.senac.br/hotsites/blogs/revistainiciacao/>

E-mail: revistaic@sp.senac.br

Esta obra está licenciada com uma Licença [Creative Commons Atribuição-Não Comercial-SemDerivações 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/) 

1. Introdução

A partir da sociedade industrial houve grande desenvolvimento tecnológico e científico, que promoveu o crescimento da qualidade e expectativa de vida do ser humano, proporcionando o crescimento continuado da produção de bens de consumo, o que provocou alterações significativas no equilíbrio do planeta ameaçando até mesmo, a sobrevivência da espécie. A sobrevivência da humanidade depende de alterações dos hábitos de consumo, no modo de produzir e fazer negócios (JOHN & PRADO, 2010). Este estilo de vida exerce forte pressão sobre o meio ambiente, atualmente a metade dos seres humanos habitam zonas urbanas e dependem de edificações para seu resguardo e sua existência (EDWARDS, 2008). A construção civil, é responsável pelo grande espaço construído em que vivemos e para que este ambiente construído seja mantido e atualizado a indústria da construção consome 50% dos recursos mundiais, o que faz com que este setor exerça uma das atividades menos sustentáveis do planeta (EDWARDS, 2008).

O tamanho do impacto ambiental causado pela construção civil está diretamente relacionado com a extensa cadeia produtiva do setor, que se inicia pela extração de matérias-primas, produção, transporte de materiais, projeto, execução, ocupação de terras, geração/descarte de resíduos, uso, manutenção, destinação dos resíduos gerados durante o uso da edificação e ao final da vida útil, sua demolição ou desmontagem. Além disso, também é utilizada água e energia durante a construção, uso e manutenção do edifício (AGOPYAN, et al., 2011).

Segundo Edwards (2008), estima-se que a população mundial chegará em 2050 a 10 bilhões de habitantes no planeta, o que afetará diretamente o meio ambiente (recursos naturais e resíduos) e exigirá novas abordagens nos projetos de edifícios como a utilização de resíduos. Com isto eles deverão ser vistos como potenciais fontes de energia ou futuros materiais de construção com a intenção de reduzir as etapas da cadeia da construção civil.

Entre os materiais residuais temos o *container* marítimo, que tem grande potencial como matéria prima-estrutural para ser adaptado como novos edifícios. O *container*, recipiente metálico normalizado pela *International Organization for Standardization* (ISO), possibilita uma arquitetura flexível, componível que permite a ampliação ou desmontagem do edifício de modo racional. Esta técnica alternativa de construção atende as ações necessárias ao desenvolvimento sustentável, contribuindo com o meio ambiente, pois preserva recursos naturais que seriam extraídos, promove a reutilização de materiais de qualidade, reduz etapas construtivas, e consequentemente proporciona a redução de resíduos durante a obra.

2. Objetivos

O objetivo da pesquisa é estudar, baseando-se na bibliográfica, a solução alternativa construtiva a partir da reutilização de *containers* marítimos em desuso, bem como a adaptação deste material para uso residencial, através de análise de sua viabilidade técnica de aplicação para este fim em termos de desempenho térmico. Para isto, foi desenvolvido projeto de uma unidade residencial, a qual foi realizada a simulação no software Domus Eletrobrás, para atestar sua viabilidade em termos de conforto ambiental e eficiência energética.

3. Metodologia

No sentido de alcançar o objetivo proposto, a pesquisa foi delimitada através das seguintes etapas:

- Pesquisa sobre Sustentabilidade na Construção Civil, a relação com os recursos naturais e seu impacto neste setor;
- Levantamento através de revisão bibliográfica, referente ao transporte marítimo, o histórico do uso de container e sua utilização mais recente na construção como moradia;
- Levantamento de estudos de caso com diferentes tipos de soluções de habitações em containers, as quais demonstraram como esta técnica construtiva pode ser eficiente;
- Desenvolvimento de projeto de uma unidade habitacional, com a intenção de atender as necessidades de um programa residencial proposto com qualidade ambiental. Foram identificadas as exigências relativas ao conforto para adaptação dos containers a norma de desempenho dos materiais da envoltória. Para isto foram estudadas as exigências para a Zona Bioclimática 3 (cidade de São Paulo) de acordo com a NBR 15575(2013) - Norma de Desempenho e as exigências de conforto ambiental;
- O desenvolvimento de um projeto, cujo modelo proposto foi simulado no software Domus Eletrobrás para atestar a combinação dos materiais e aferir o percentual de horas ocupadas em conforto de acordo com os valores definidos para a envoltória e com padrão de uso definido como referência no projeto residencial. Além disso, foi obtida a etiqueta de simulação do projeto de acordo com os requisitos do PBE Edifica.

4. Revisão Bibliográfica

Sustentabilidade

A sustentabilidade está baseada em três pilares básicos que se dividem nos âmbitos: econômico, social e ambiental que devem ser considerados de modo integrado para atender o desenvolvimento sustentável (AGOPYAN, et al., 2011).

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (2015), na busca de minimizar os impactos ambientais provocados pela construção, surge o paradigma da construção sustentável.

Os desafios para o setor da construção são diversos, porém, em síntese, consistem: na redução e otimização do consumo de materiais e energia, na redução dos resíduos gerados, na preservação do ambiente natural e na melhoria da qualidade do ambiente construído. Para tanto, recomenda-se: mudança dos conceitos da arquitetura convencional na direção de projetos flexíveis com possibilidade de readequação para futuras mudanças de uso e atendimento de novas necessidades, reduzindo as demolições; busca de soluções que potencializem o uso racional de energia ou de energias renováveis; gestão ecológica da água; redução do uso de materiais com alto impacto ambiental; redução dos resíduos da construção com modulação de componentes para diminuir perdas e especificações que permitam a reutilização de materiais (BRASIL, 2015).

No ano 2000 a população urbana superou a população rural, atingindo 6,2 bilhões de habitantes (EDWARDS, 2008). Este deslocamento da população para as zonas urbanas exerce grande pressão no meio ambiente, quanto mais a população se urbaniza, mais consome, desperdiça e polui. Estima-se que em 2050 este impacto seja quatro vezes maior do que em 2000, considerando-se um crescimento econômico anual de 2% e uma população mundial de 10 bilhões (EDWARDS, 2008). Segundo projeções da ONU até 2030 serão necessárias 877 milhões de novas habitações, como também serão necessárias novas cidades. Para atender a demanda por um maior ambiente construído, serão necessárias inovações tecnológicas, pesquisas, uso equilibrado dos

recursos disponíveis. (AGOPYAN et al, 2011).A reciclagem e a reutilização deverão fazer parte desta demanda, pois recuperam materiais descartados, reduzem a produção de resíduos e preservam recursos naturais.

Os materiais utilizados na construção civil exercem grande impacto ambiental, desde a extração até o seu descarte, considerando que a indústria da construção consome 50% dos recursos naturais, a escolha dos materiais é um dado muito importante para que se atinjam as exigências da construção sustentável. Para especificar materiais construtivos sustentáveis deve-se pensar no grau de energia incorporada de cada elemento. Além da energia, outros critérios devem ser avaliados na escolha dos materiais como: a poluição do ar e da água durante seu processo de fabricação, a quantidade de resíduos que geram em seu ciclo de vida e também a possibilidade de reuso ou reciclagem (EDWARDS, 2008).

Os resíduos gerados pela construção, também são um grande problema para o meio ambiente, pois os materiais ao longo do seu ciclo de vida geram resíduos e ao final de sua vida útil tornam-se lixo ou resíduo pós-uso. A massa residual destes materiais torna-se de 2 a 5 vezes maior que a massa de produtos consumidos, portanto reutilizar materiais construtivos ou especificar materiais que tenham conteúdo reciclado é critério preferível quando comparado a utilização de novos produtos (AGOPYAN, et al.,2011).

A escolha dos materiais no processo de construção sustentável tem um papel fundamental, pois neste momento é que são tomadas decisões que impactam de modo positivo ou não durante todo o ciclo de vida do edifício, quanto mais duráveis melhor.

Containers

De acordo com Santos (1982) a definição de containers apresenta-se no Artigo 4º parágrafo único do Decreto nº 80.145 de 15 de agosto de 1977:

O *container* deve preencher, entre outros os seguintes requisitos:

- Ter caráter permanente e ser resistente para suportar o seu uso repetido;
 - b) Ser projetado de forma a facilitar sua movimentação em uma ou mais modalidades de transporte, sem necessidade de descarregar a mercadoria em pontos intermediários;
 - c) Ser provido de dispositivos que assegurem facilidade de sua movimentação, particularmente durante a transferência de um veículo para outro, em uma ou mais modalidades de transporte;
 - d) Ser projetado de modo a permitir seu fácil enchimento e esvaziamento;
 - e) Ter seu interior facilmente acessível à inspeção aduaneira, sem a existência de locais onde se possam ocultar mercadorias;
- (SANTOS,1982, p.77).

Os modelos de *containers* mais utilizados no transporte marítimo são: os de 20' e 40'. O *container* de 20', referido como *Twenty-foot Equivalent Unit* (TEU) tornou-se a referência padrão da indústria como volume de carga e capacidade dos navios. O container de 40', refere-se a 2 TEUs, ou também conhecido como o *Forty-foot Equivalent Unit* (FEU) (WORLD SHIPPING COUNCIL, 2015).

Os *containers* são normalizados em suas dimensões e características pela *International Organization for Standardization* (ISO 668:2013) sua estrutura, perfis verticais e horizontais são em aço corten, os fechamentos nas faces laterais e posterior são em painéis em chapa corrugada. O fechamento superior também é feito por painéis em chapa corrugada e deve ter resistência para suportar até 200 kg sem danificar a estrutura. Todos os painéis verticais e horizontais são soldados à estrutura

principal de modo a aumentar a resistência do *container*. Na face frontal do *container* há duas portas com travas, o piso é composto por chapas de compensado de madeira de 28 mm, fixadas por parafusos (SAWYERS, 2008).

A estrutura do *container* é extremamente estável, pois é preparada para resistir as mais difíceis condições como: terremoto, furacão e incêndio (ISBU ASSOCIATION, 2010). O empilhamento destes recipientes pode atingir até 8 alturas sem a necessidade de estrutura auxiliar, são estruturas reforçadas, leves e fabricadas para um perfeito encaixe quando fixados uns aos outros (SAWYERS, 2008).

Histórico do uso de containers

Philip C. Clark, em 23 de novembro de 1987 registrou patente número 4854094 - "*Method for converting one or more steel shipping containers into a habitable building at a building site and product thereof*". Esta patente teve como data de emissão 8 de agosto de 1989 e descreve métodos básicos para transformar 2 ou mais *containers* marítimos em habitações (SAWYERS, 2011).

O uso de *containers* para habitação começou como abrigos temporários em países que sofreram desastres naturais ou em guerras, como na Guerra do Golfo em 1991, onde também serviram como transporte de prisioneiros iraquianos (PORTAL METÁLICA, 2015).

Nos Estados Unidos, houve um acúmulo de *containers* em desuso na última década, causado pelo desequilíbrio entre importações de mercadorias vindas da Ásia em grande quantidade. Como as exportações deste país eram em menor número, muitos *containers* tinham que ser enviados à sua origem vazios a um alto custo de frete, portanto seria mais compensadora a compra de novos na Ásia do que enviá-los vazios (GADAROWSKI, 2014).

Em 2005, havia cerca de 700.000 *containers* desativados nos portos dos Estados Unidos, este fato se deu devido à explosão de crescimento das importações vindas da China. Na busca de reduzir este estoque, os *containers* passaram a ser utilizados para outros fins como: edifícios residenciais, hotéis, escolas, abrigos, pavilhões de exposições etc. O excesso de *containers* não só nos Estados Unidos, como também em outros países, fez com que o custo deste material fosse reduzido o que reforçou ainda mais o interesse em nível mundial em construções de edifícios com menor custo. No final de 2007, os estoques de *containers* nos portos norte-americanos baixaram cerca de 25%. Apesar disso, de acordo com a ISBU¹, o interesse pela construção em *container* passou a ser pela versatilidade do material, não mais pelo excedente ou o baixo custo (ISBU ASSOCIATION, 2010).

Países como Estados Unidos, Alemanha, Holanda e Inglaterra já utilizam esta técnica para a construção de escritórios, hotéis, residências e alojamentos para estudantes. Na Inglaterra temos o exemplo da *Container City I* e *II* (Figura 1) localizado em *Trinity Buoy Wharf*, região portuária de *Docklands*, em Londres. A construção da fase I com 15 *containers* iniciou-se em 2000 e levou cinco meses para sua conclusão, em maio de 2001. Ligado ao *Container City I* por uma passarela está o *Container City II*, construído dois anos depois com mais conjuntos habitacionais (PORTAL METÁLICA, 2015).

¹ ISBU, significa *Intermodal Steel Building Unit*, esta denominação é dada ao ISO *containers* quando este é transformado em moradia.



Figura 1 - Container City II -Vista da entrada pela fachada leste.

Fonte: Slawik, et al., 2010.

No Brasil, a utilização de *containers* é recente, em 2010 foi construída a primeira loja em *container* para a empresa *Container Ecology Store*. Já a primeira residência construída em *containers* foi 2011, em São Paulo, pelo arquiteto Danilo Corbas que propôs soluções eficientes, práticas, utilizando design e arquitetura de elevado nível de complexidade de uso, diferentemente do que acontecia no início do uso deste material como elemento construído. (PORTAL METÁLICA, 2015). Hoje é crescente este tipo de construção no Brasil, já existem empresas especializadas como a Delta *Containers*, em Curitiba, Paraná e a Ferraro *Container Habitat* em Florianópolis, Santa Catarina. Conforme são divulgados os novos projetos em *containers* estes acabam sendo difundidos o que aumenta a procura pelo seu apelo sustentável e também em função de vantagens como: a redução do custo final da obra, velocidade no prazo de execução e redução de resíduos.

Aplicação do *container* na construção civil

Os *containers* mais utilizados na construção civil são os *high cube* de 20' e 40' devido ao pé-direito mais alto adequado para as construções, com 2,68 metros. Os projetos em *containers* no início foram declarações e manifestos mostrando que um único módulo seria suficiente para criação de espaço de moradia. Conforme este tipo de construção foi evoluindo, passaram a ser construídas residências com volumes extrudados das dimensões padrão do *container* com a intenção de possibilitar mais eficiência no uso do espaço interno (KOTNIK,2013). A figura 2 ilustra esta solução adotada pela Unidade LOT-EK residência móvel.



Figura 2 Unidade Lot-Ek

Fonte : Slawik, et al., 2010.

Outra etapa da evolução da arquitetura em *containers* foi o empilhamento de várias unidades em formações maiores, removendo paredes intermediárias para a criação de grandes espaços internos. A figura 3 ilustra edifício, cuja construção demonstra possibilidades de arranjo dos *containers* e exibe um grande balanço de aproximadamente 5 metros.



Figura 3 – Orbino –Edifício construído como escultura e também como plataforma de observação. Arq. Luc Deleu

Fonte : Slawik, et al., 2010.

Além do empilhamento, os *containers* passaram a ser combinado com outros materiais de construção, o que resultou em projetos mais dinâmicos. Alguns exemplos estão representados nas figuras 4 a 6 : *12 Containers House*, *Redondo Beach House* e *Chalet du Chemin Brochu*, respectivamente.



Figura 4 – 12 Container House. Arg Adam Kalkin . Local: Maine , EUA

Fonte : Slawik, et al., 2010.



Figura 5– Redondo Beach House – Arq. Peter De Maria. Local California, EUA

Fonte : Slawik, et al., 2010.



Figura 6- Chalet du Chemin Brochu – Arq. Pierre Morency . Local Québec, CA

Fonte : Slawik, et al., 2010.

A tendência em revestir o *container* para esconder ou personalizar sua aparência industrial fez com que este tipo de construção se tornasse mais aceitável atraindo um público maior. Hoje projetos em *containers* já não estão limitados aos arquitetos “inovadores”, mas estão se estabelecendo como um ramo comercialmente viável de arquitetura modular (KOTNIK, 2013). A Figura 7 ilustra a evolução da arquitetura projetada com o uso de *containers*.

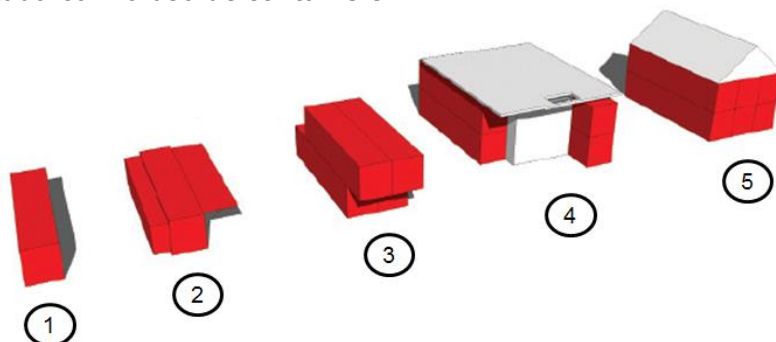


Figura 7 – Fases da arquitetura em *container*. 1 . Uso Conceitual; 2. Expandindo o espaço interno; 3. Combinações com mais módulos; 4. Combinações com outros materiais; 5. Incorporação de características de construção pré-fabricada

Fonte: Kotnik, 2013

O que torna possível este tipo de arquitetura é a produção em massa dos *containers*, os quais podem ser adquiridos em qualquer lugar do mundo, além disso, o caráter ecológico quando se faz reaproveitamento do material é outra questão que reforça a decisão do uso do material para construção (KOTNIK, 2008).

Vantagens e desvantagens da construção em *containers*

No desenvolvimento da pesquisa foram verificadas características do *container* adequadas para a construção de edifícios e suas vantagens são:

- Modularidade - dimensões padronizadas pela ISO 668:2013, permitindo as mais variadas composições;
- Disponibilidade - podem ser adquiridos em qualquer parte do mundo;
- Custo acessível;
- Grande resistência- são feitos para resistirem as mais difíceis condições climáticas como também a incêndio e terremotos (ISBU ASSOCIATION, 2010).;
- Durabilidade – estrutura e fechamentos em aço;
- São empilháveis, podem chegar até 8 níveis sem estrutura auxiliar e quando fixados uns aos outros estes módulos adquirem maior estabilidade (SAYWER, 2008);
- Recicláveis e reutilizáveis;
- As construções podem ser facilmente ampliadas ou reduzidas, dependendo da necessidade do usuário;
- O uso de container para a estrutura do edifício gera economia na utilização de recursos naturais como: areia, tijolo, água, ferro o que acarreta redução de impactos ambientais na extração de recursos naturais e na geração de resíduos, além de minimizar poluição do ar e sonora durante a construção (ESSER, 2012);
- Como são elementos modulares e leves, exigem muito menos mão-de-obra nos trabalhos de fundação do que as construções tradicionais, também reduzem

trabalhos de terraplenagem, o que garante menor interferência no solo, preservando o lençol freático e a absorção de água de chuva (ESSER, 2012);

- A intermodalidade proporciona flexibilidade ao edifício e permite que a construção possa ser desmontada e transportada para outra localidade se necessário. Esta característica contribui para que não haja desperdício do material empregado na construção e ao final da vida útil da edificação, pode ser adaptado a outro uso, que favorece a redução da pegada ecológica, característica definida como: a quantidade de terra e água necessária para sustentar as gerações atuais, tendo em conta todos os recursos materiais e energéticos, gastos por uma determinada população (WIKIPEDIA, 2015);
- A construção em *container* proporciona redução no custo final da obra em aproximadamente 35% (ESSER, 2012) quando comparada à construção tradicional, pois neste processo são eliminadas muitas etapas construtivas, reduzindo o emprego de materiais, mão-de-obra e geração de resíduos;
- Acelera a velocidade da construção, por ser um material pré-fabricado, portanto sua montagem é rápida;
- Os trabalhos de serralheria, transporte e montagem devem sempre ser feitos por mão-de-obra especializada, o que favorece a redução do trabalho informal, fator importante quando se pretende atingir o desenvolvimento sustentável.

Dentre as desvantagens da construção em *containers* podemos citar:

- Custos com transporte, caso a localização do terreno seja muito distante de zonas portuárias;
- Pequena disponibilidade de mão-de-obra especializada, para recorte das chapas, movimentação e montagem dos módulos, que exigem equipamentos específicos;
- A alta condutibilidade térmica das chapas dos containers requer estudo de adequação para o uso de isolamento térmico nas vedações;
- Possibilidade de contaminação com relação à carga transportada. Por isso, é necessário que se faça laudo de vistoria ao se adquirir um container, para que seja certificado que o material está livre de contaminações e de avarias em sua estrutura.

A construção em container permite que sejam incorporadas soluções sustentáveis ao projeto como:

- Captação de água pluvial;
- Ventilação cruzada, utilizando grandes aberturas;
- Telhado verde que auxilia no isolamento térmico da cobertura;
- Telhas térmicas tipo sanduíche de poliuretano para melhor desempenho térmico da cobertura;
- Paredes e forros - uso de sistema steel frame com fechamento em chapa de OSB ou gesso acartonado com isolamento em EPS, lã de pet, lã de vidro ou lã de rocha, para melhor desempenho térmico;
- Uso de aquecimento solar associado a outro sistema complementar (como à gás, por exemplo);
- Pintura ecológica: tintas à base de água, sem cheiro, com baixa taxa de - Compostos Orgânicos Voláteis (COV) (PORTAL METÁLICA, 2015).

Desenvolvimento de projeto com uso de *containers*

O projeto a seguir foi desenvolvido na pesquisa e como partido foram utilizados dois *containers High Cube* de 40 pés. A área da residência proposta é de 93m². O Quadro 1 ilustra as dimensões do *container* utilizado.

Quadro 1– Quadro de dimensões, capacidade e peso do Container High Cube.



High Cube 40'				
MEDIDAS EXTERNAS	MEDIDAS INTERNAS	ENTRADAS	CAPACIDADE	PESOS
Comprimento - 12,192 mm	Comprimento - 12,032 mm	Largura - 2,338 mm	Total - 76,2 m³	Máximo - 30,480 Kg
Largura - 2,438 mm	Largura - 2,350 mm	Altura - 2,585 mm		Tara - 4,150 Kg
Altura - 2,895 mm	Altura - 2,695 mm			Carga - 26,330 kg

Fonte: Treasure, Container.

Para atestar a viabilidade da qualidade ambiental do uso de *containers*, foi desenvolvido estudo de desempenho térmico com base em um modelo termodinâmico, de uma residência de dois pavimentos, térreo e superior, cuja ligação vertical foi concebida em alvenaria de bloco de concreto.

Programa proposto no projeto residencial

A proposta considerou o programa de uma residência com dois pavimentos distribuídos da seguinte forma:

- Pavimento Térreo – Sala estar/jantar, cozinha, lavabo, hall e área de serviço;
- Pavimento Superior – Suíte, 2 dormitórios, sanitário e hall.

Foram utilizados dois *containers high cube*, que possuem maior altura, para facilitar a passagem de infraestrutura de elétrica, hidráulica bem como a aplicação de materiais isolantes. Estes *containers* têm altura interna de 2.695 metros, enquanto que os *dry containers* tem altura interna de 2,38 metros.

Características construtivas: projeto e materiais

Devida à baixa resistência térmica das chapas dos *containers* e a fim de garantir o conforto térmico e acústico da residência, foram especificados materiais isolantes nas paredes e no teto do pavimento superior. Os materiais isolantes propostos foram: placas de EPS e *foam* (espuma projetada em poliuretano) que é um ótimo isolante térmico, anticondensante e impermeabilizante. O fechamento destes materiais deverá ser feito por chapas de OSB, com acabamento em pintura na cor branca, para que seja garantida adequada iluminação interna. Foram propostas aberturas em posições opostas para proporcionar a ventilação cruzada. Na região da escada foi feita abertura que serve como chaminé térmica superior, para possibilitar corrente de ar com velocidade suficiente a trazer conforto aos usuários. Para garantir a estanqueidade da residência e maximizar o conforto térmico interno, foi sobreposta cobertura leve sobre o edifício.

Como estratégia para melhoria da temperatura interior, a residência foi proposta para ser construída com 50 cm acima do solo e com britas colocadas abaixo do *container*. Adicionou-se ao piso térreo uma abertura no piso regulada por um mecanismo manual, para que o ar ao passar pelas britas sombreadas, seja resfriado e penetre no ambiente interno incrementando a ventilação interior. Além disso, no projeto outras

práticas sustentáveis podem ser agregadas à residência como: o uso de lâmpadas LED, aquecimento solar (água) e tintas à base de água.

A simulação de conforto no software Domus Eletrobrás, considerou como local hipotético para a implantação da residência a cidade de São Paulo, na região de Interlagos, à Rua Alcindo Ferreira, conforme Figura 8.



Figura 8 : Localização do terreno

Fonte: Google Maps

Estratégias de projeto

As estratégias de projeto, foram levantadas no software Zoneamento Bioclimático do Brasil (ZBBR), disponível no site do Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LabEEE). O ZBBR identificou a zona bioclimática do terreno proposto para o projeto e as respectivas recomendações de conforto, conforme ilustra a Figura 9.

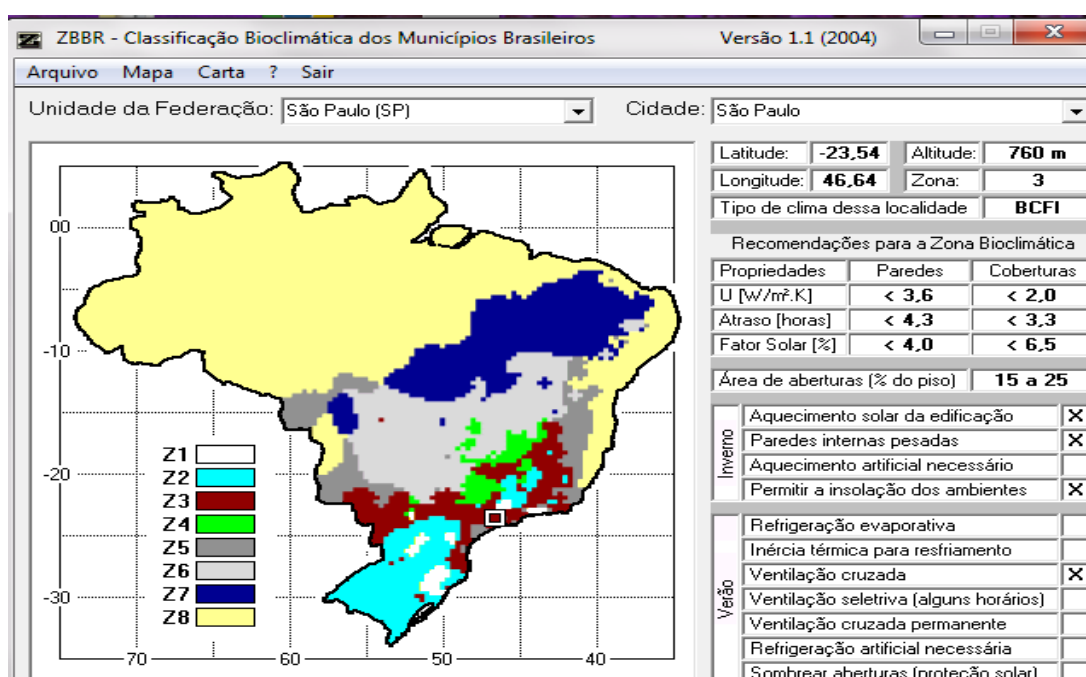


Figura 9 – Classificação bioclimática para a cidade de São Paulo

Fonte: Software ZBBR

A cidade de São Paulo encontra-se na Zona bioclimática 3 e as recomendações relativas à transmitância térmica são: $U < 3,6 \text{ W/m}^2\text{K}$ para paredes e $U < 2,0 \text{ W/m}^2\text{k}$ para cobertura.

Projeto

De acordo com os estudos anteriores, o projeto resultante na pesquisa, está apresentado nas Figuras 10 e 11. A Figura 10 ilustra planta do pavimento térreo com o seguinte programa: sala de jantar, estar, lavabo, cozinha e área de serviço.

Iniciação - Revista de Iniciação Científica, Tecnológica e Artística - Vol. 5 nº 3 - Dezembro de 2015
Edição Temática em Sustentabilidade

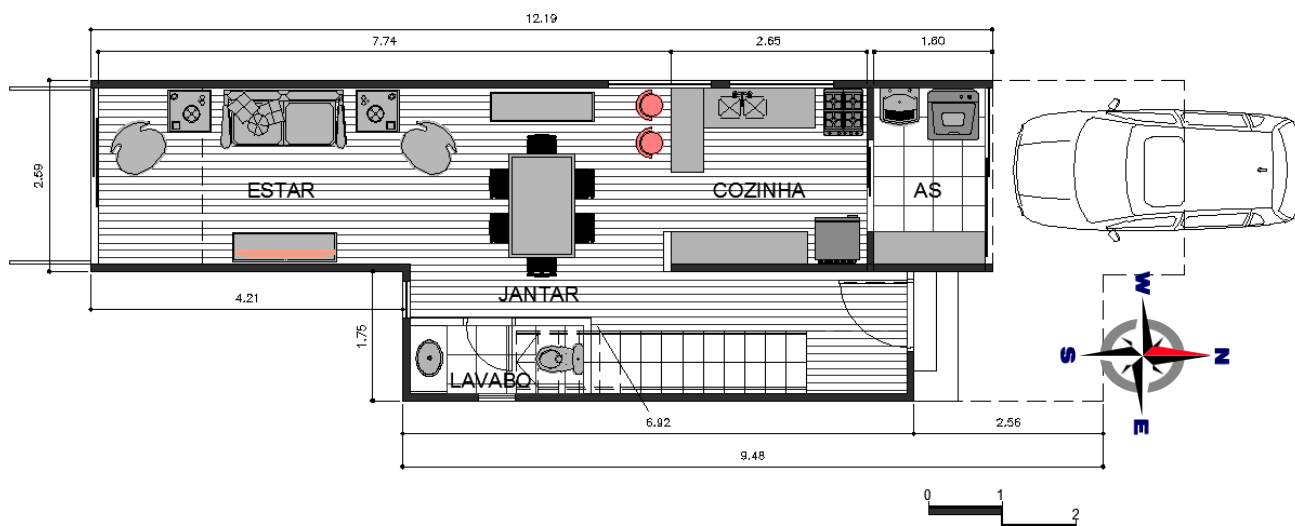


Figura 10 – Planta Baixa do Pavimento Térreo

Fonte: Guedes, Rita

O pavimento superior, ilustrado na Figura 11, apresenta o seguinte programa: dois dormitórios, sendo um com terraço, um banheiro e suíte principal com terraço.

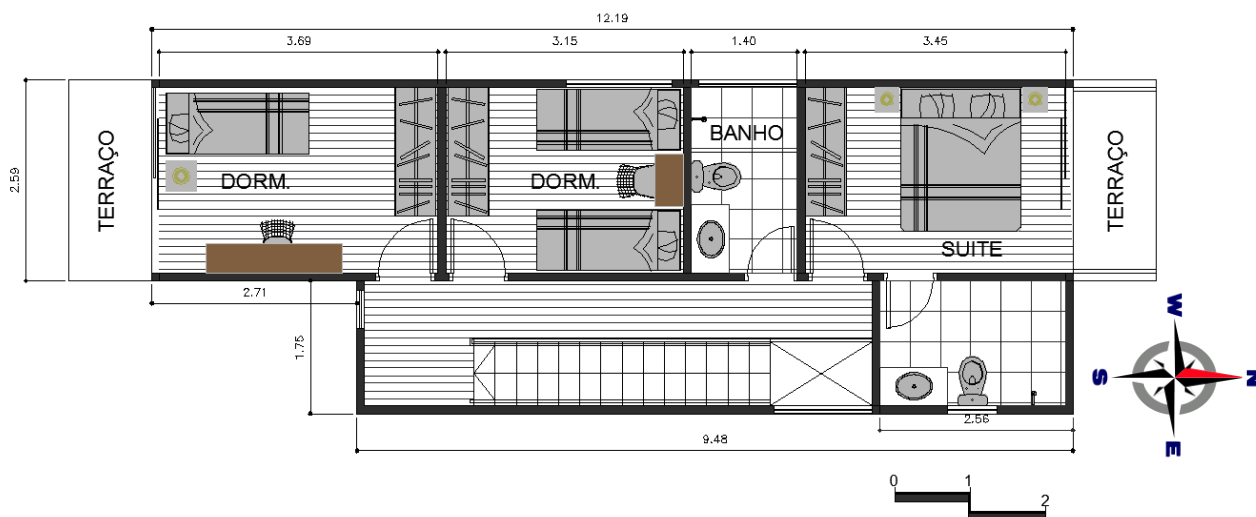


Figura 11 – Planta do pavimento superior

Fonte: Guedes, Rita

Nas Figuras 12,13,14,15 e 16 estão apresentadas as fachadas e descrições das soluções do projeto e dos materiais propostos.

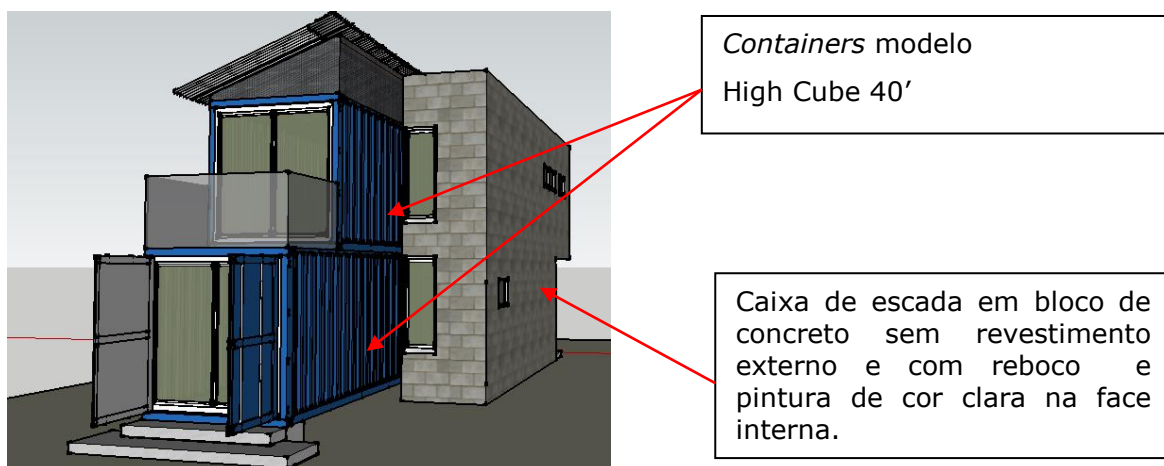


Figura 12 – Fachada Posterior – Sul

Fonte: Guedes, Rita

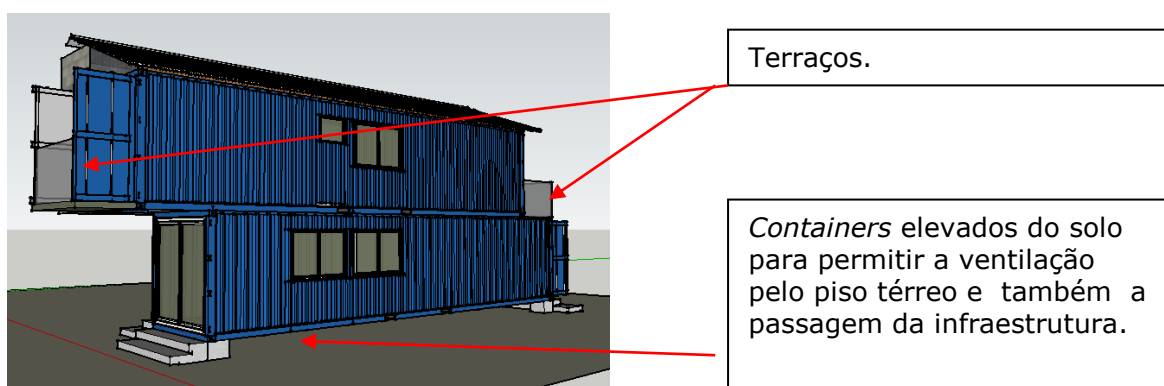


Figura 13 – Fachada Lateral Direita - Oeste

Fonte: Guedes, Rita

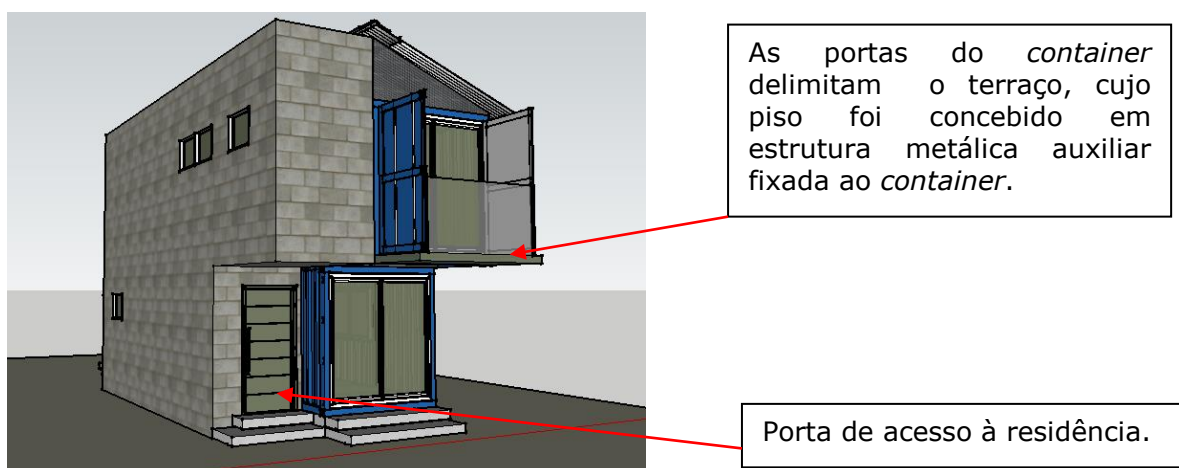


Figura 14 – Fachada Frontal – Norte

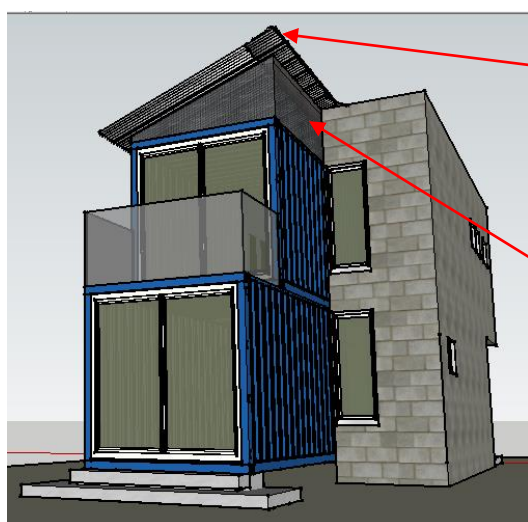
Fonte: Guedes, Rita



Janelas altas próximas ao vazio da caixa da escada, que são utilizadas para o aproveitamento da ventilação pelo efeito chaminé.

Figura 15– Fachada Lateral – Leste

Fonte: Guedes, Rita



Telhado leve sobreposto ao *container* com área de ventilação, para garantir a estanqueidade e aumentar o conforto térmico interno.

Fechamento em tela perfurada para promover a circulação do ar sob o telhado.

Figura 16– Fachada Posterior – Sul

Fonte: Guedes, Rita

Simulação termodinâmica – Software Domus Eletrobrás

O Domus Eletrobrás é um instrumento de auxílio ao desenvolvimento do programa brasileiro de Regulamentação de Eficiência Energética em Edificações (PBE Edifica). É um programa de simulação higrotermoenergética de edificações adaptado à realidade brasileira em termos de climas e de topologias de construções locais. Trata-se de um *software* voltado aos profissionais de engenharia e de arquitetura, permitindo análise de diferentes parâmetros tais como: consumo e demanda de energia; conforto térmico segundo diferentes índices; risco de crescimento de mofo e de condensação; dimensionamento de sistemas de climatização; avaliação do nível de eficiência energética para edificações comerciais, de serviços e públicas, em conformidade com o RTQ-C (Regulamento Térmico de Qualidade: Edifícios Comerciais, Serviços e Públicos); influência climática; monitoramento de sistemas centrais de condicionamento de ar. Este software foi validado pelo Método da ASHRAE *best test* 140, e trata-se do *software* validado pela Eletrobrás e PBE Edifica para a certificação energética brasileira (DOMUS PROCEL EDIFICA,2013)

Uso do Domus Eletrobrás para a unidade habitacional proposta

O *software* foi utilizado na simulação do projeto proposto, como ferramenta para a verificação da eficiência energética da edificação, relativo ao parâmetro de conforto térmico com relação aos materiais empregados, número e dimensões das aberturas da edificação, com a intenção de se obter a classificação da envoltória pelo RTQ-C. O Quadro 2, apresenta especificações das paredes que revestem a estrutura do container e da alvenaria referente a circulação vertical.

Quadro 2: Composição parede do *container*.

Composição paredes			
<i>Container</i>		Bloco de circulação vertical em alvenaria	
Material	Espessura (cm)	Material	Espessura (cm)
Aço	0,2	Bloco de concreto	14
Foam Insulation	3	Reboco (face interna)	2,5
OSB	1,25		
EPS	2		
Câmara de ar	3		
Transmitância Térmica (U) (W/m ² .K)	0,47	Transmitância Térmica (U) (W/m ² .K)	1,97

Fonte: Dados obtidos através do Software Domus Eletrobrás

A transmitância térmica da composição das paredes do *container*, segundo resultado do programa, é de $U = 0,47 \text{ W /m}^2\text{.K}$, já as paredes em bloco de concreto da circulação vertical apresentam $U = 1,97 \text{ W /m}^2\text{.K}$. Conforme recomendação da zona bioclimática 3, a transmitância térmica deve ser $< 3,6$, o que indica que a composição especificada para as paredes está em conformidade com os parâmetros necessários para zona 3. De modo a garantir a eficiência energética do edifício, foi especificado telhado sobre a estrutura do *container*. O Quadro 3 apresenta a composição da cobertura que também atende a norma, onde $U < 2,0 \text{ W/m}^2\text{k}$ (para a cobertura).

Quadro 3 – Composição da cobertura sobre o *container* e composição da cobertura sobre bloco da circulação vertical em alvenaria de bloco de concreto.

Composição Cobertura			
<i>Container</i>		Bloco de circulação vertical em alvenaria	
Material	Espessura (cm)	Material	Espessura (cm)
Telha de fibro-cimento	2	Laje de concreto	12
Aço	0,2	Reboco (face interna)	2,5
Foam Insulation	3	Câmara de ar	10
OSB	1,25	Chapa de gesso	1,25
EPS	2		
Câmara de ar	10		
Transmitância Térmica (U) (W/m².K)	0,21	Transmitância Térmica (U) (W/m².K)	0,62

Fonte: Dados obtidos através do Software Domus Eletrobrás

De acordo com as especificações dos materiais em projeto, a residência recebeu classificação "A" em eficiência energética no que diz respeito à envoltória, conforme ilustrado na Figura 17.

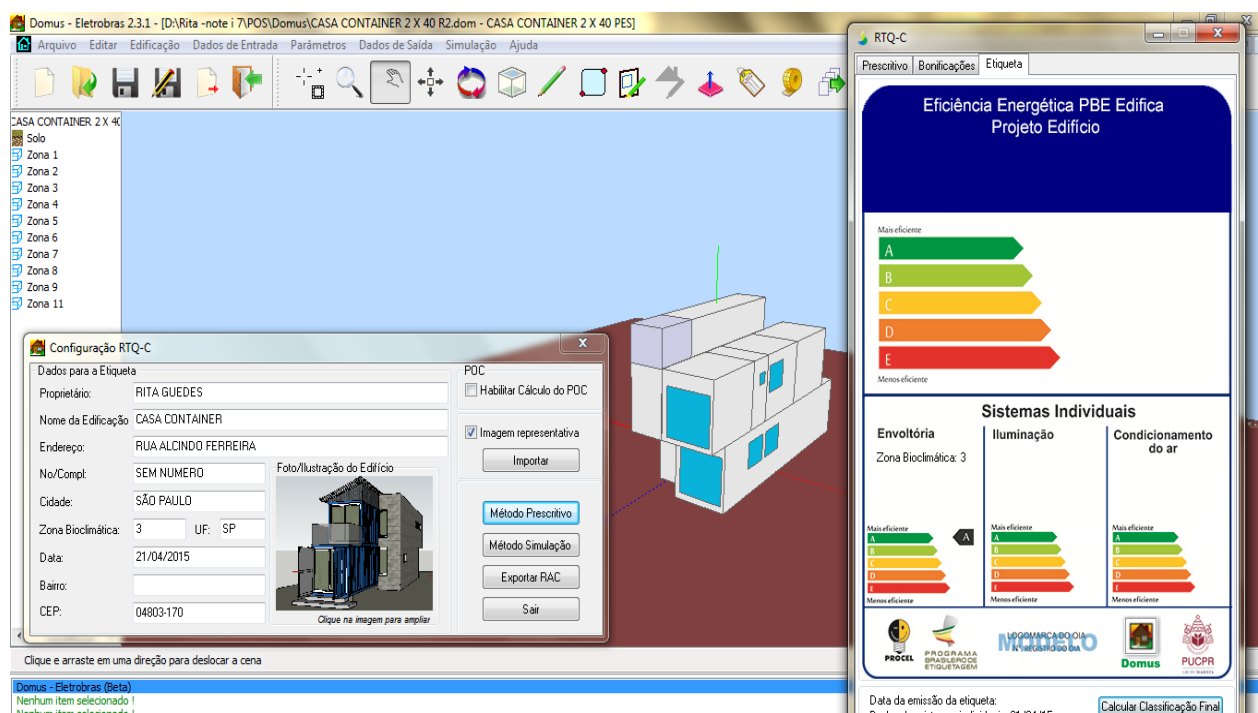


Figura 17 – Simulação RTQ-C

Fonte: Dados obtidos através do Software Domus Eletrobrás

Através do estudo realizado nesta pesquisa foi comprovado que o emprego do *container* para o fim residencial é condição viável, de acordo com a combinação dos materiais especificados para a envoltória, os quais atendem a necessidade de

desempenho energético requisitada na NBR 15575 (2013), no que se refere à transmitância térmica.

5. Conclusão

A pesquisa demonstrou que reuso de *container* na construção civil, agrega aspectos positivos como: a redução de materiais empregados, a redução dos trabalhos de fundações, terraplenagem, estrutura, mão-de-obra. Consequentemente agiliza a execução, além de minimizar a quantidade de resíduos de obra. A modularidade é outra qualidade dos *containers*, suas dimensões e características construtivas são normalizadas pela ISO 668 (2013), o que facilita a implantação do edifício a diferentes condições de terreno, sem necessidade de grandes movimentações no perfil natural, proporcionando as mais diversas configurações de modo prático e racional. Além disso, a intermodalidade do material permite o transporte por: caminhões, trens e navios. Esta característica possibilita a mobilidade do edifício feito em *container*, que pode ser desmontado e transportado à outra localidade. Esta qualidade enfatiza o apelo sustentável deste tipo de construção e reduz a pegada ecológica.

Através do projeto desenvolvido com o uso de *containers* e sua simulação no software Domus Eletrobrás foi constatado que a proposta de reaproveitamento do material é condição viável na construção civil do ponto de vista de conforto e eficiência energética. As dimensões do *container* proporcionam boa organização espacial dos ambientes internos e sua modularidade permite infinitos arranjos de modo prático e racional de acordo com o programa de necessidades de cada projeto. O *container* pode ser revestido por vários materiais, pois se associa bem a madeira, vidro, gesso, concreto e etc. Com a combinação adequada de materiais adicionados a sua envoltória, alcança grande capacidade de isolamento térmico e acústico atingindo as exigências de nível conforto para a habitação conforme a NBR 15575 (2013). A construção em *container* apresenta grande potencial construtivo, qualidade do material empregado, além de unir conceitos de sustentabilidade como: reuso de materiais descartados, eficiência energética, construção com menos geração de resíduos e velocidade no processo de construção.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) **NBR 15575-1: Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos- Desempenho. Parte 1: Requisitos gerais**. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) **NBR 6023:2002 Informação e documentação - Referências - Elaboração**. Rio de Janeiro, 2002.

AGOPYAN, V., JOHN, V. M., & GOLDEMBERG, J. **O desafio da sustentabilidade na construção civil: volume 5**. São Paulo: Blucher, 2011.

DOMUS – **Instrumento de apoio à eficiência energética de edificações**. Disponível em: < <http://domus.pucpr.br/>>. Acesso em: 04 abr. 2015

EDWARDS, B. **O guia básico para a sustentabilidade**. Barcelona: Gustavo Gili, 2008.

ESSER, Vantagens e desvantagens de residências em containers, **Esser Arquitetura e Engenharia Sustentável**, Brasília, 2012. Disponível em:< http://esserengenharia.blogspot.com.br/2012/09/no-brasil-aproveitarcontaineres-para_21.html>. Acesso em 15 mar. 2015

Iniciação - Revista de Iniciação Científica, Tecnológica e Artística - Vol. 5 nº 3 - Dezembro de 2015
Edição Temática em Sustentabilidade

GADAROWSKI, J. **A Cost- Effective Durable Emergency Shelter Alternative Intermodal Steel Building Units**. São Bernardino: Brain Feed, 2014.

GOOGLE, **Google Maps**. Disponível em: <https://www.google.com.br/maps/@-23.7181775,-46.7046169,4486m/data=!3m1!1e3?hl=pt-BR> . Acesso em: 21 abr. 2015.

ISBU ASSOCIATION, **Why use ISBU ,Intermodal Steel building Units & Container Homes**. Disponível em: http://www.isbu-info.org/why_use_isbu.htm>. Acesso em: 04 Abr. 2015.

JOHN, V. M., & PRADO, R. T.A. **Boas práticas para habitação mais sustentável**. São Paulo: Páginas & Letras, 2010. Disponível em: <http://www.labee.ufsc.br/projetos/manual-selo-casa-azul-caixa>>. Acesso em: 20 fev. 2015.

LABEE, Zoneamento Bioclimático do Brasil UFS-Car, **Laboratório de eficiência energética em edificações**. Disponível em: <http://www.labee.ufsc.br/downloads/softwareres/zbbr>>. Acesso em: 11 abr. 2015.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente, **Cidade Sustentável**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/cidadessustentaveis/urbanismo-sustentavel/constru%C3%A7%C3%A3o-sustent%C3%A1vel>>. Acesso em: 29 mar. 2015.

METALICA, Container City : um novo conceito em arquitetura sustentável, **Portal Metalica**. Disponível em: <http://wwwo.metalica.com.br/container-city-um-novo-conceito-em-arquitetura-sustentavel>>. Acesso em: 11 abr. 2015.

METALICA , Lojas montadas em *container* faturam R\$ 12 milhões por ano, **Portal Metalica**. Disponível em: <http://wwwo.metalica.com.br/lojas-montadas-em-containers>>. Acesso em: 11 abr. 2015.

SANTOS, J. C. **O transporte Marítimo Internacional**. São Paulo: Edições Aduaneiras, 1982.

SAWYERS, P. **Intermodal Shipping Container Small Steel Buildings**. U.S.: Library of Congress, 2008.

SAWYERS, P. **Expanded Discussion of the Method for Converting Shipping Containers into a Habitable Steel Building**. U.S.: Paul Sawyers Publications, 2011.

SLAWIK, H., BERGMANN, J., BUCHMEIER, M., & TINNEY, S. **Container Atlas : a Practical Guide to Container Architecture**. Berlin: Gestalten, 2010.

TREASURE. Container, **Treasure Comex**. Disponível em: <http://www.treasurecomex.com.br/utilidades.html>> Acesso em: 21 abr. 2015.

WASSOUF, M. **Da casa passiva à norma Passivhaus**. Barcelona: Gustavo Gili, 2014.

WIKIPEDIA, **Pegada Ecológica**. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Pegada_ecol%C3%B3gica>. Acesso em: 21 set. 2015.

WORLD SHIPPING. About the industry-Container, **World Shipping Council**. Disponível em: <http://www.worldshipping.org/about-the-industry/containers>>. Acesso em: 04 abr. de 2015.

Recebido em 31/07/2015 e Aceito em 07/12/2015.