DESEMPENHO TÉRMICO DE EDIFICAÇÃO EM MÓDULO DE CONTÊINER MARÍTIMO[1]

VIANA, F., Universidade Federal de Ouro Preto, email: francoise_viana@yahoo.com.br;
SOUZA, H., Universidade Federal de Ouro Preto, email: henorster@gmail.com;
GOMES, A., Instituto Federal de Minas Gerais – Campus Ouro Preto, email: adriano.gomes@ifmg.edu.br

ABSTRACT

Civil construction is currently facing challenges in building in a more economical and environmentally correct way. In this work, the objective is to know better the unconventional equipment used for buildings, the container, evaluating its thermal performance. Since in Brazil, its use in construction is recent, so an analysis is needed to understand how to adapt it efficiently. In this study, the thermal performance of the container is evaluated through numerical simulation using the Energyplus program, observing the construction of the building and considering the climatic conditions for the bioclimatic zone 3, foreseen in the NBR 15220 standard, also observing the minimum requirements of the norm NBR 15575. For the study is projected a house with 2 modules of container totaling an area of 29.57m². The results show the need for adaptations for the container to have habitability in the analyzed bioclimatic zone. The use of thermal insulation in the closures, a cover, a foundation and lighter colors in the external closure provide a better thermal performance of the building.

Keywords: *ENTAC2018. Paper. Container. Thermal performance. Numerical simulation.*

1 INTRODUÇÃO

A construção civil consome a maior parte dos recursos naturais do planeta, de 15 a 50% desses recursos. Segundo o Instituto Brasileiro de Administração Municipal (IBAM, 2001), a construção civil é o setor que mais gera resíduos sólidos no mundo, cerca de 50% de todos os resíduos, onde o volume de entulho de construção e demolição é duas vezes maior que o volume do lixo sólido urbano. Em muitas cidades brasileiras, os resíduos gerados pela construção civil têm como destino sítios irregulares, poluindo rios e fontes de água, facilitando a proliferação de doenças e muitas vezes implicando na obstrução do sistema de drenagem das águas pluviais, causando enchentes.

Outro equipamento que gera problemas residuais é o contêiner, que é disseminado em larga escala, mas como tem vida útil entre 10 e 15 anos o custo de transporte se torna alto quando retorna vazio ao país de origem da mercadoria. Em função disso, muitas vezes, é abandonado no porto de destino, ocupando grandes lotes na sua estocagem e poluindo o porto. O volume anual de contêineres no mundo é imenso, e só no porto de Roterdã na Holanda, um dos maiores do mundo, o volume no ano de 2014 foi de 12,3 milhões de Teus (TEU – *Twenty Foot Equivalent Unit* – Unidade Equivalente de Transporte – contêiner e 1 TEU corresponde a um contêiner de 20 pés) e no

[1] VIANA, F. , SOUZA, H., GOMES, A. Desempenho térmico de edificação em módulo de contêiner marítimo In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17., 2018, Foz do Iguaçu. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2018.

Brasil em 2013, foi de 8,9 milhões de Teus (PIRES, 2015).

A partir dos problemas citados anteriormente, a construção civil tem buscado estratégias mais sustentáveis, ambientalmente corretas e mais econômicas, e tem usado o contêiner como alternativa de construção nas edificações (BUILDING..., 2017). Porém ainda não existe no Brasil estudos ou mesmo diretrizes para projetar uma casa contêiner com desempenho térmico adequado aos usuários considerando a sua região de implantação. As normas brasileiras de desempenho térmico não consideram a construção modular em aço, devendo o construtor se limitar em publicações e normas internacionais.

Para determinar como projetar uma residência de contêiner eficiente termicamente é necessário averiguar alguns parâmetros de projeto, e, para isto é imprescindível o uso de *softwares* de simulação numérica. Os elementos principais dos *softwares* de simulação energética são as informações climáticas e geográficas, as condições de ocupação, a caracterização da edificação e de seus fechamentos para que se estime as interações térmicas entre o ambiente construído e o ambiente externo. Com esses parâmetros é possível se projetar de forma adequada ao clima local, e desse modo obter o conforto térmico desejado aos usuários.

1.1 Objetivo

Neste trabalho analisa-se o desempenho térmico do contêiner como uma edificação observando as condições climáticas da zona bioclimática 3.

2 MÉTODO

Para o desenvolvimento deste estudo é elaborado um projeto arquitetônico residencial constituído por 2 módulos de contêiner de 20 pés composto por quarto, banheiro, sala e cozinha conjugada com a área de serviço, compondo uma área total de 29,57m². O modelo foi divido em 4 zonas térmicas, uma para cada ambiente, para ser simulado numericamente no *software Energyplus* (CRAWLEY, 2000). A planta baixa esquemática com *layout* é representada na Figura 1.

Figura 1: Planta esquemática da casa em contêiner



Fonte: Elaborado pelo autor

A avaliação do desempenho térmico do modelo considera as condições climáticas de zona bioclimática brasileira 3, prevista na norma de desempenho térmico NBR 15220 (ABNT, 2005), e observa também os critérios da norma de desempenho de edificações habitacionais NBR 15575 (ABNT, 2013). Na Tabela 1 apresentam-se os dados geográficos e na Tabela 2, os dados climáticos da cidade considerada no estudo.

Tabela 1: Zona Bioclimática

Zona Bioclimática		Latitude	Longitude	Altitude
3	São Paulo (SP)	S 23° 50'	W 46° 62'	792 m

Fonte: adaptado de ABNT, 2005 e INMET, 2017

Tabela 2: Dados do dia típico de verão e de inverno da zona simulada

Período	$T_{e,máx}$ diária (°C)	Amplitude diária de temperatura (ºC)	T_e bulbo úmido (ºC)	Radiação solar (Wh/m²)	Nebulosidade (décimos)
Verão	31,9	9,2	21,3	5.180	6
Inverno	6,2	10,0	13,4	4.418	6

Fonte: adaptado de ABNT, 2005 e INMET, 2017

Como na maior parte do Brasil, no caso a zona bioclimática 3 (ABNT, 2005), as condições climáticas predominantes são verão e inverno amenos, a simulação numérica é realizada considerando esses dois períodos e também por recomendação da norma NBR 15575 (ABNT, 2013).

2.1 Estratégias de projeto adotadas na análise do desempenho térmico

Para embasar a análise global do desempenho térmico da edificação, alguns parâmetros de construção são alterados na simulação numérica (LAWRENCE BERKELEY NATIONAL LABORATORY, 2006a, 2006b, 2006c). Considerou-se cinco tipos de isolamento térmico nas paredes, dois tipos de cobertura, três tipos de fundação, três cores de pintura externa e dois tipos de tamanho de aberturas.

Os isolantes térmicos são instalados entre o contêiner e o revestimento interno. Os materiais considerados neste estudo e suas propriedades termofísicas são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3: Materiais e suas propriedades termofísicas

Isolamento	Espessura (m)	Condutividade térmica (W/m.K)	Massa específica (kg/m³)	Calor específico (J/kg.K)
Câmara de ar	0,03	0,0001	1	1240
Fibra cerâmica	0,03	0,04	100	1130
Isopor	0,03	0,035	25	0,3
Lã de rocha	0,03	0,045	100	750
Lã de vidro	0,03	0,045	50	700

Fonte: Adaptado de NBR 15220 (ABNT, 2005)

Nesta simulação numérica são propostos dois tipos de coberturas: uma com telha sanduíche em aço e o telhado verde. Na Tabela 4 apresentam-se os dados dos tipos de coberturas analisadas.

Tabela 4: Coberturas e suas propriedades termofísicas

Cobertura	Camadas	Espessura (m)	Condutividade térmica (W/m.K)	Densidade (kg/m³)	Calor específico (J/kg.K)
Telha sanduíche	Telha superior Poliuretano (EPS) Telha inferior	0,051	0,03	20	1670
Telhado verde	Gramado	0,05	0,35	1100	1200
	Terra argilosa	0,15	0,52	1700	840
	Argila expandida	0,03	0,16	400	100
	Membrana betuminosa	0,005	0,17	1000	1460
	Betume asfáltico	0,005	0,23	1000	1460

Fonte: Adaptado de NBR 15220 (ABNT, 2005)

O modelo de edificação proposto é simulado com 3 tipos diferentes de fundação para determinar o melhor desempenho térmico da edificação. Em um primeiro momento, é considerado o contêiner sobre o solo, utilizando como fundação apenas as arestas que vem de fábrica. Após essa etapa, é simulado numericamente um radier entre o contêiner e o solo e, por último, uma fundação do tipo sapata, onde o contêiner fica suspenso do solo e há um espaço para ventilação.

Para a absortância à radiação é utilizado três tons de cores – clara (a = 0,3), média (a = 0,5) e escura (a = 0,7) conforme recomendação da norma NBR 15575 (ABNT, 2013).

Em cada uma das zonas térmicas é atribuído uma taxa de ventilação. A simulação numérica conta com valores diferentes de renovação de ar, para 1ren/h a renovação de ar é realizada somente por frestas nas aberturas e para 5ren/h é considerada que as portas e janelas estão abertas. Também são propostos 2 tamanhos diferentes de aberturas, sendo o primeiro com tamanho mínimo, 1/6 da área do ambiente (1,10mX1,10m), de acordo com o Código de Obras e Edificações do Estado de São Paulo (2017), e o segundo tamanho é estipulado com o aumento de 1/3 na área inicial (1,60mX1,10m).

3 RESULTADOS

As estratégias propostas para melhoria do desempenho térmico são alteradas e posteriormente combinadas, e nos gráficos 1 e 2 mostram-se os resultados com a combinação de melhor desempenho térmico (Tabela 5) para o verão e nos gráficos 3 e 4, para o inverno. As simulações numéricas são realizadas considerando toda a edificação, mas os resultados são mostrados apenas para a sala e o quarto por serem locais de prolongada permanência.

Tabela 5: Estratégias utilizadas

Isolamento	Cobertura	Fundação	Pintura externa	Renovação de ar
Câmara de ar	telhado termoacústico	radier	a = 0,3	Janela maior

Observa-se pelos resultados mostrados nos gráficos 1 e 2 que as estratégias combinadas (Tabela 5) diminuíram em até 7,0ºC as temperaturas internas se comparadas ao contêiner sem modificação no verão.

Gráfico 1: Evolução temporal da temperatura, para sala no verão, diferença entre contêiner sem adaptação e com adaptação

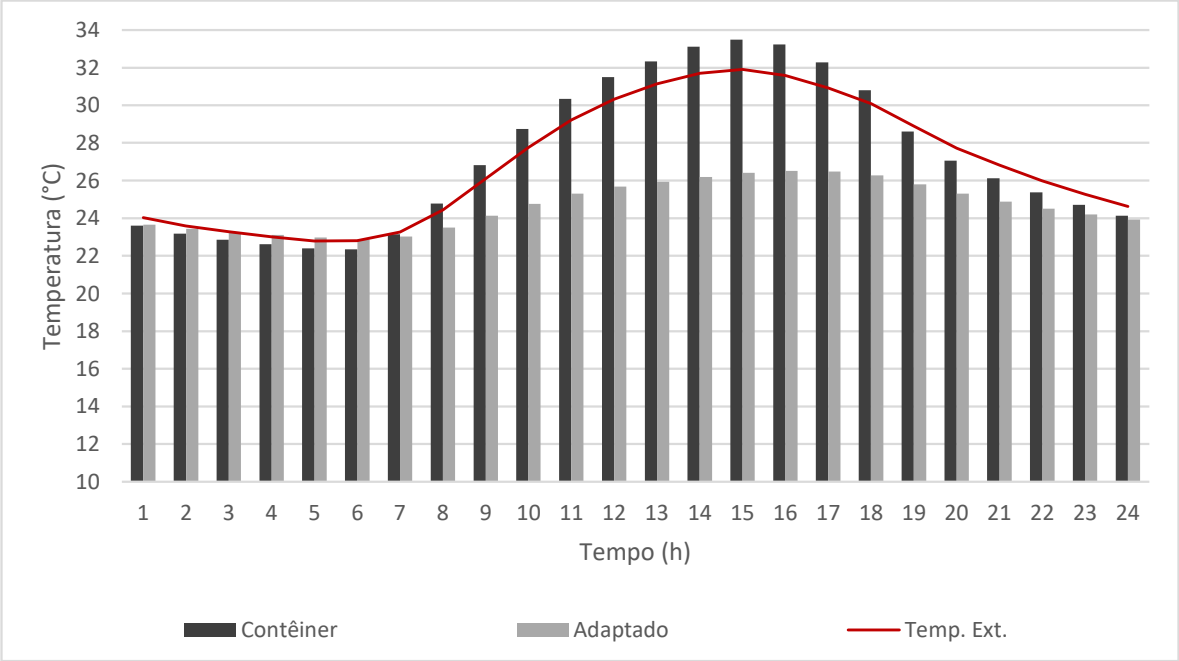
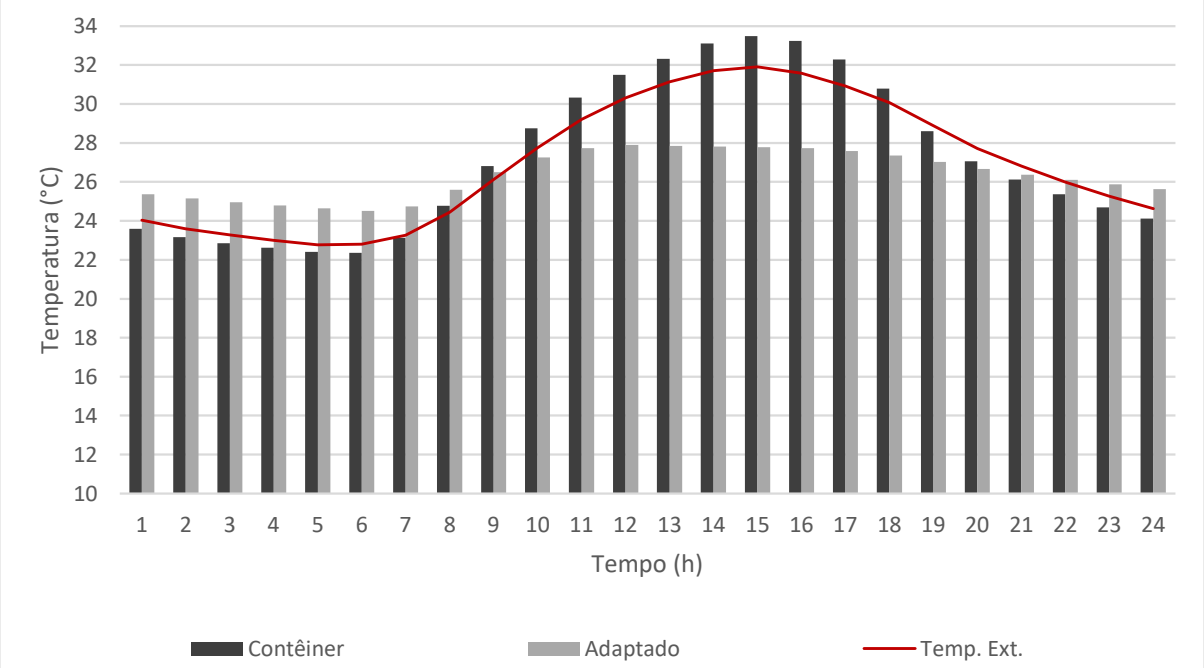


Gráfico 2: Evolução temporal da temperatura, para quarto no verão, diferença entre contêiner sem adaptação e com adaptação



Nos gráficos 3 e 4, é observado que no inverno, as estratégias combinadas (Tabela 5) aumentaram em até 6,0°C as temperaturas internas, no período noturno, e diminuíram em até 3,0°C, no período diurno, se comparadas ao contêiner sem modificação.

Gráfico 3: Evolução temporal da temperatura, para sala no inverno, diferença entre contêiner sem adaptação e com adaptação

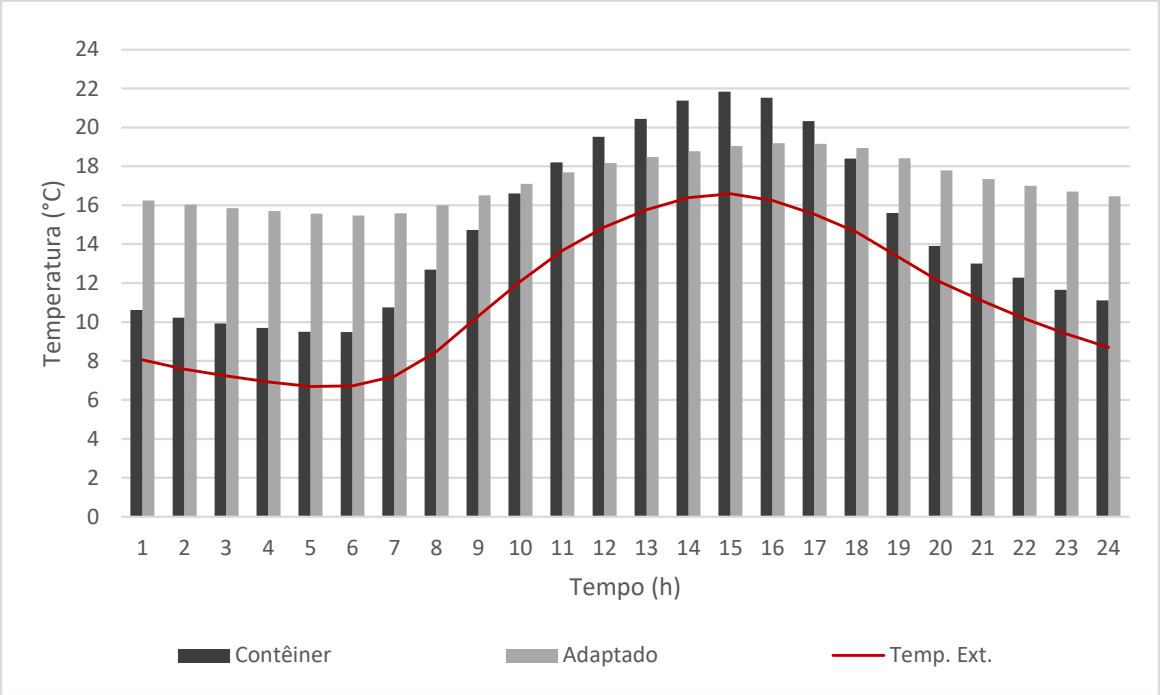
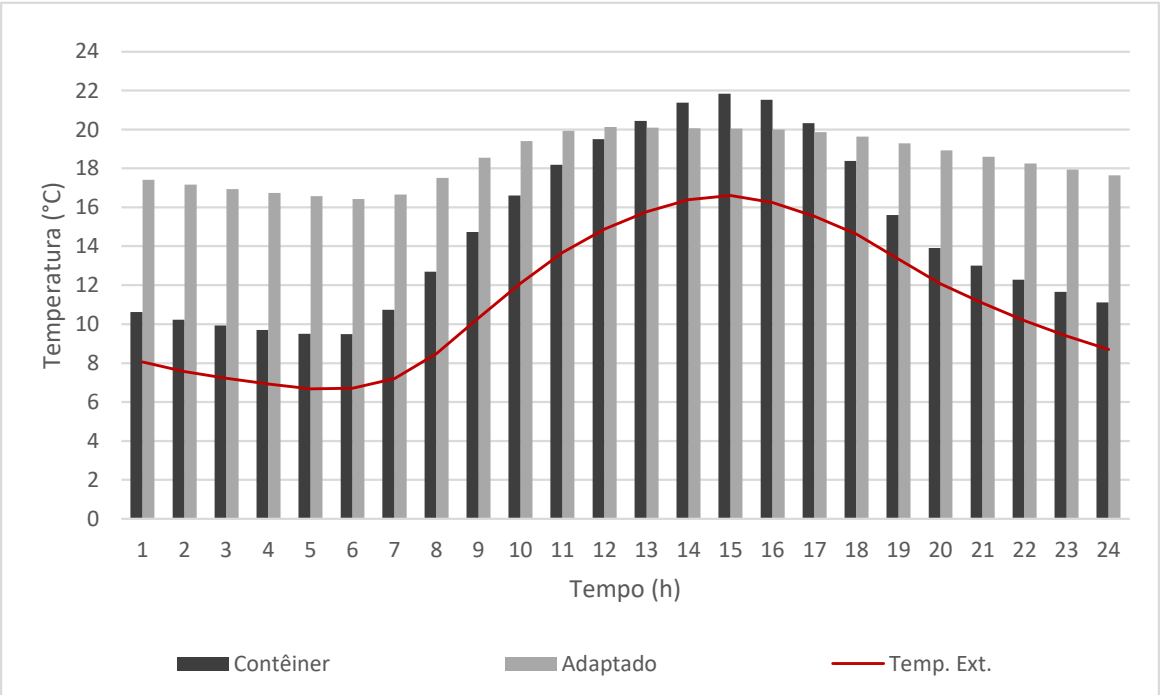


Gráfico 4: Evolução temporal da temperatura, para quarto no inverno, diferença entre contêiner sem adaptação e com adaptação



4 CONCLUSÕES

O uso de contêiner como moradias está sendo empregado no mundo inteiro e pode ser uma alternativa viável para o déficit de habitações. Portanto, é imprescindível entender o método de construção e as adaptações necessárias para o seu uso pleno.

Pode-se observar que o contêiner, que é constituído em aço, sofre grande influência das temperaturas externas e da insolação, e é necessário, portanto, o uso de adaptações para que a edificação apresente um bom desempenho térmico. O uso de isolamentos térmicos se mostrou indispensável e deve ser combinada com um tipo de cobertura para se obter temperaturas mais amenas no verão e temperaturas internas mais agradáveis aos ocupantes no inverno. No Brasil é menos comum o radier como fundação, mas é o que obteve melhor resultado.

No caso estudado, aumentar apenas 1/3 do tamanho das aberturas não interferiu significativamente nas temperaturas internas. Além disso, o ideal é que se use cores com tons mais claros, logo, reflexivas, para diminuir a absortância a radiação solar.

Este estudo mostra que é possível utilizar o contêiner como habitação desde que seja aplicado modificações que melhorem o seu desempenho térmico. O uso concomitante de todas as estratégias sugeridas diminuiu a influência da temperatura externa, com isso o contêiner teve menos variações internas de temperatura, o que pode proporcionar conforto térmico ao usuário.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos à CAPES, à FAPEMIG e à UFOP pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

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

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575**: Edifícios habitacionais – Desempenho, Rio de Janeiro, 2013. 312 p.

BUILDING your shipping container home. How to Build a Shipping Container Home: Action it. Disponível em: < http://residentialshippingcontainerprimer.com/action%20it>. Acesso em: 09 mar. 2017.

CÓDIGO DE OBRAS E EDIFICAÇÕES DO ESTADO DE SÃO PAULO - COE LEI Nº 11.228/92. Prefeitura de São Paulo, Urbanismo e Licenciamento. Disponível em: <http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/urbanismo/legislacao/codigo_de_obras/>. Acesso em: 20 fev. 2017.

CRAWLEY, D. B. et al. EnergyPlus: Energy Simulation Program. **ASHRAE journal**. Atlanta: ASHRAE, 2000, v.42, p. 49-56.

IBAM. **Manual gerenciamento integrado de resíduos sólidos**. Secretaria especial de desenvolvimento urbano da presidência da república SEDU, 2001. Disponível em: <http://www.resol.com.br/cartilha4/manual.pdf>. Acesso em: 09 fev. 2017.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. **Banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa.** Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/>. Acesso em: 20 abr. 2017.

LAWRENCE BERKELEY NATIONAL LABORATORY. **Energyplus Engineering Reference**: The Reference to Energyplus Calculations. April 20, 2006a.

LAWRENCE BERKELEY NATIONAL LABORATORY. **EnergyPlus Input Output Reference**: The Encyclopedic Reference to EnergyPlus Input and Output. April 20, 2006b.

LAWRENCE BERKELEY NATIONAL LABORATORY. **Getting Started with EnergyPlus**: Everything You Need to Know about Running EnergyPlus. April 20, 2006c.

PIRES, F. **Valor Econômico**. 2015. Disponível em: <http://www.valor.com.br/internacional/3871772/movimento-de-conteineres-no-porto- de-roterda-aumenta-58-em-2014> Acesso em: 03 mar. 2017.