

WOOD FRAME E ALVENARIA CONVENCIONAL: AVALIAÇÃO DO CONSUMO ENERGÉTICO DE UM AMBIENTE

Camila Rovaris (rovariscamila@gmail.com); Helenice Maria Sacht
(helenice.sacht@unila.edu.br)

Universidade Federal da Integração Latino-Americana (UNILA) - Brazil

Palavras chave: Eficiência energética, conforto térmico, Wood Frame, Alvenaria convencional

Com o objetivo de avaliar o desempenho térmico e energético de paredes em Wood Frame e alvenaria convencional para a cidade de Foz do Iguaçu, simulações computacionais foram realizadas para verificar o consumo energético e temperaturas internas utilizando os dois tipos de vedações verticais, por meio de análise comparativa em uma célula (dormitório) mantendo as condições de orientação de aberturas na direção leste. O tipo de clima do município foi definido pelo zoneamento bioclimático segundo a NBR 15220-3. O modelo base para a célula foi definido de acordo com os parâmetros construtivos do Código de Obras do Município; posteriormente, os parâmetros dos materiais da envoltória e ganhos internos pelo PBQP-H (SINAT) e normas regentes (NBR 15575, NBR 15220 e NBR 6401). Verificou-se que o uso do Wood Frame, apresentou temperaturas mais baixas para os dias típicos de verão e de inverno comparado à alvenaria. As duas técnicas apresentaram valores de temperatura fora da faixa de conforto na maior parte do dia, exigindo resfriamento/aquecimento artificial. Em relação ao consumo de energia, a Wood Frame apresentou economia anual de 21,6% em relação à alvenaria, apresentando-se como uma estratégia passiva para o desempenho energético das residências na cidade de Foz do Iguaçu. Sugere-se a utilização de câmaras de ar, espessuras maiores das camadas e isolantes térmicos na composição, das paredes para melhoria do conforto térmico.

1. INTRODUÇÃO

O setor da construção civil, mundialmente representa aproximadamente 40% do consumo anual de energia e até 30% das emissões de GEE relacionadas à energia (UNEP, 2012). A recente preocupação com a otimização energética e melhoria do conforto das edificações tem levado à busca por diferentes estratégias construtivas. Com isso, surge a necessidade de se adotar diferentes estratégias passivas para adaptar a edificação ao clima em que está inserida (KRELLING; HACKENBERG, 2015).

No Brasil, a técnica construtiva mais utilizada para residências é a alvenaria de tijolos, chamada de sistema convencional. Essa técnica é aplicada em 93% de todas as construções em todo o seu território (BME, 2015), no entanto, os diferentes climas do país requerem algumas tecnologias construtivas para melhor desempenho em conforto térmico e consumo energético, visto que desempenho energético de uma edificação está diretamente ligado às características físicas dos materiais utilizados e a adequação climática dos projetos arquitetônicos (LAMBERTS et al., 2011).

Neste contexto, o Wood Frame é uma tecnologia recém-implantada no Brasil e muito utilizada nos países Escandinavos e Norte Americanos. No entanto, no Brasil, o Wood Frame ainda é pouco conhecido e utilizado, devido à falta de conhecimento técnico sobre este sistema, preconceito associado à má utilização da madeira nas construções e também, em alguns casos, por falta de normatização (MOLINA; CALIL JUNIOR, 2010). Apesar de não ser muito empregado na construção brasileira, o Wood Frame possui muitas vantagens

como: geração de uma obra mais limpa e seca com menos resíduos, redução do tempo de obra, utilização de matéria-prima renovável (madeira de reflorestamento), estabilidade de preço da matéria-prima, conforto térmico e acústico ao usuário e resistência da construção (SOUZA, 2013).

Com isso, o objetivo deste estudo é verificar a viabilidade da utilização dessa tecnologia para redução do consumo energético e melhoria do conforto térmico de edificações na cidade de Foz do Iguaçu, por meio da análise de consumo energético e temperaturas internas de um ambiente (dormitório).

2. METODOLOGIA

A metodologia constitui em: análise de normas e regulamentos vigentes relacionados à questão energética e conforto térmico; definição do modelo a ser simulado e obtenção das propriedades térmicas das vedações verticais e demais parâmetros para execução das simulações computacionais.

2.1. Definição do modelo

Utilizou-se uma célula de dormitório para representar um modelo padrão para a cidade de Foz do Iguaçu-PR, sendo viável para testar apenas a solução construtiva. As dimensões da célula foram adotadas conforme o Código de Obras (FOZ DO IGUAÇU, 1991). A área mínima exigida é 9m², adotou-se as dimensões de 3x3m para o ambiente analisado. O pé direito mínimo indicado é 2,4m, porém, por questões ergonômicas utilizou-se 2,7m.

Na abertura para ventilação foi considerado o proposto pela NBR 15220 (ABNT, 2005), utilizando 20% da área do piso.

O modelo da célula está apresentado na Figura 1, mantendo a condição de orientação ideal com abertura para a direção leste.

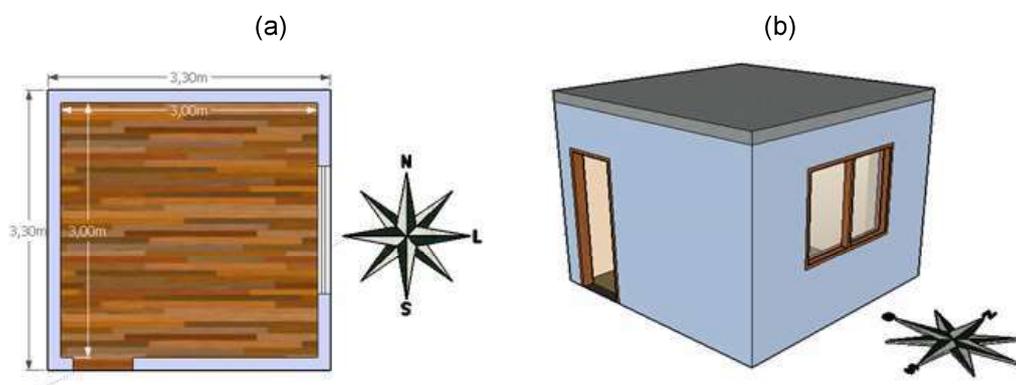


Figura 3 - (a) Planta baixa (b) Representação 3D

2.2. Parâmetros para simulações

O programa utilizado para as simulações computacionais foi o DesignBuilder versão 2.9, que é uma interface gráfica para o programa EnergyPlus.

O clima de Foz do Iguaçu caracteriza-se por ser subtropical úmido, com verões quentes e invernos frios. Conforme a NBR 15220 (ABNT, 2005), a cidade pertence à Zona 3 cujas principais características em termos de vedações verticais são: a transmitância térmica deve ser inferior à 3,6W/m².k, atraso térmico deve ser menor que 4,3 horas, e Fator Solar deve ser inferior a 4,0% (ABNT, 2005b). A seguir são apresentados os parâmetros utilizados:

2.2.1. Envoltória

Para a avaliação da vedação vertical considerou-se o sistema construtivo convencional utilizado na cidade de Foz do Iguaçu (Figura 2a), cujas propriedades seguem a NBR 15220

(ABNT, 2005b). Como comparativo optou-se pela técnica construtiva *Wood Frame* (Figura 2b) com o modelo de parede conforme Brauhardt et al. (2016) e SINAT (PBQP-H, 2017). As propriedades térmicas dos materiais são apresentadas na Tabela 1.

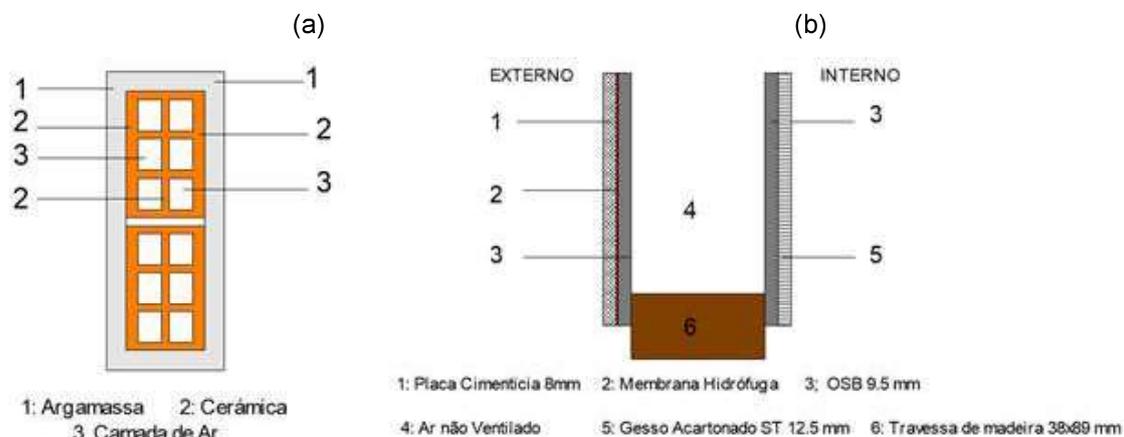


Figura 4. Composição das paredes (a) Alvenaria (b) Wood Frame (ABNT, 2005a; BRAUHARDT et al., 2016; PBQP-H, 2017)

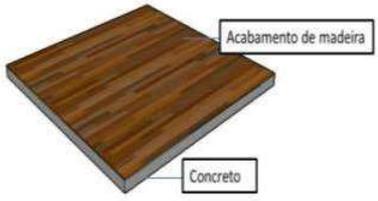
Tabela 5. Propriedades térmicas dos materiais dos dois tipos de parede

Parede	Material	Espessura (cm)	Condutiv. térmica (W/(m.K))	Calor específico (kJ/(kg.K))	Resist. térmica (m ² /K.W)	Referência
Alvenaria	Argamassa	2,5	1,15	1	0,022	ABNT (2005a)
	Tijolo cerâmico	1,5	0,9	0,92	0,017	ABNT (2005a)
	Camada de ar	3	-	-	0,190	ABNT (2005a)
	Tijolo cerâmico	1	0,9	0,92	0,011	ABNT (2005a)
	Camada de ar	3	-	-	0,190	ABNT (2005a)
	Tijolo cerâmico	1,5	0,9	0,92	0,017	ABNT (2005a)
	Argamassa	3	1,15	1	0,026	ABNT (2005a)
Wood Frame	Placa cimentícia	0,8	0,35	-	0,023	(BRAUHARDT et al. 2016)
	Membrana hidrófuga (Polipropileno)	0,1	0,22	-	0,005	(BRAUHARDT et al. 2016)
	OSB	0,95	0,13	2,3	0,073	(ABNT, 2005a; BRAUHARDT et al. 2016)
	Camada ar (não ventilada)	8,9	-	-	0,170	Brauhardt et al. (2016)
	OSB	0,95	0,13	2,3	0,073	(ABNT, 2005a; BRAUHARDT et al. 2016)
	Gesso acartonado	1,25	0,35	0,84	0,036	(ABNT, 2005a; BRAUHARDT et al. 2016)

Foi considerada a mesma composição para piso e cobertura em ambos os casos (Tabelas 2 e 3). No piso não foram consideradas as trocas térmicas com o solo. Na cobertura utilizou-se laje plana impermeabilizada, pois se trata de uma condição desfavorável (SACHT, 2012). Não foi previsto a análise da influência da cobertura no consumo energético e temperaturas

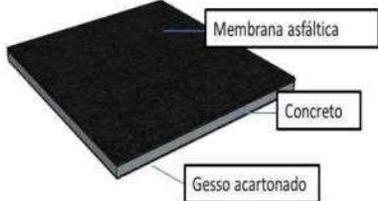
internas, de forma que tal elemento não representasse um diferencial. Nesse caso, analisou-se apenas a influência da vedação vertical.

Tabela 6 - Composição e propriedades térmicas dos materiais do piso

	Material	Espes. (m)	Condutiv. térmica (W/(m.K))	Calor específico (kJ/(kg.K))	Resist. térmica (m²/K.W)
	Concreto	0,13	1,75	1	0,074
Madeira	0,02	0,29	1,34	0,069	

Fonte: ABNT (2005a)

Tabela 7 - Composição e propriedades térmicas dos materiais da cobertura

	Material	Espes. (m)	Condutiv. térmica (W/(m.K))	Calor específico (kJ/(kg.K))	Resist. térmica (m²/K.W)
	Concreto	0,10	1,75	1	0,057
Membrana	0,0375	0,23	1,46	0,163	
Gesso	0,0125	0,35	0,84	0,036	

Fonte: ABNT (2005a)

2.2.2. Ganhos internos

Considerou-se ocupação de duas pessoas (em repouso), com horários de permanência baseados em Mazzaferro et. al (2015). Os horários de ocupação são indicados na Figura 3 para segunda a sexta-feira. Para os finais de semana e feriados, adicionou-se uma hora a mais para as atividades. O ar condicionado é acionado quando a ocupação é de 100%. A atividade metabólica de duas pessoas em repouso foi de 72 W/pessoa.

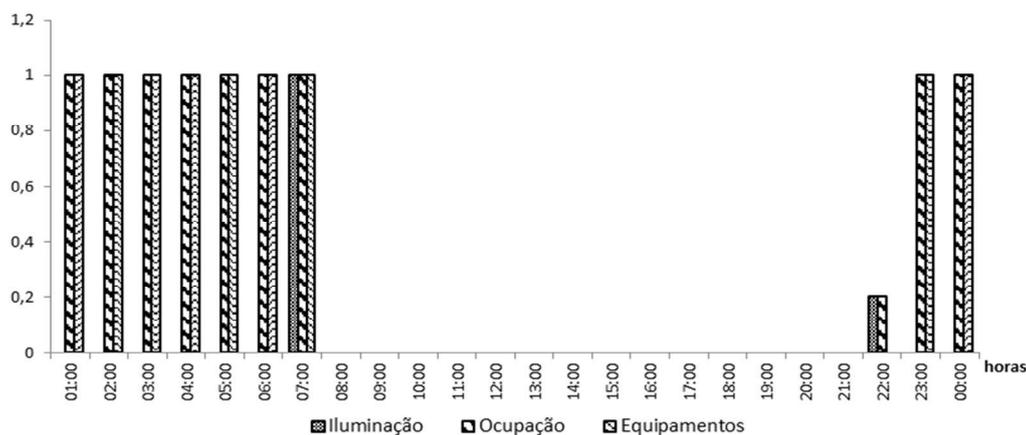


Figura 5 - Perfil de Ocupação (MAZZAFERRO; MELO; LAMBERTS, 2015)

A resistência térmica das vestimentas foi 0,5 clo para roupas leves (verão) e 1,0 clo para roupas de inverno em ambiente interno (BARBIERO, 2004; LAMBERTS, 2016). Não foram considerados outros equipamentos no interior do dormitório, apenas o ar condicionado e iluminação artificial. Para a taxa de renovação do ar, a Portaria 3.523/98 do Ministério da Saúde estabelece 27m³/h, por pessoa (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 1998).

A faixa de temperaturas de bulbo-seco de condições de conforto considerada foi de 23 a 25 °C (SILVA, 2004). Foram considerados 10 feriados por ano conforme configuração do software para feriados gerais. Não há disponibilidade de dados de temperatura do chão para Foz do Iguaçu, no entanto, conforme Venâncio [s.d.] é recomendado adotar as médias de temperaturas do ar mensais do município (CLIMATE-DATA.ORG, [s.d.]) subtraindo-se 2°C. Para iluminação adotou-se lâmpada fluorescente (compacta) conforme proposto pela NBR 6401 (ABNT, 1980) o nível de iluminação (300 LUX) e a potência dissipada (30 W/m²) conforme Silva (2004). Para o sistema de climatização usou-se aquecimento e resfriamento. O acionamento ocorre conforme temperaturas de conforto, utilizando-se de energia elétrica.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para dia típico de verão entre 23:00 e 6:00, as temperaturas internas para os dois modelos (alvenaria e Wood Frame) são bem próximas (Figura 4). No entanto, durante alguns períodos, a temperatura interna para a célula de alvenaria se eleva em relação à de Wood Frame, chegando a 4,2°C superior às 8:00. Nos horários de radiação solar mais intensa (aproximadamente das 11:00 às 14:00) o uso do sistema Wood Frame indicou valores de temperatura de até 2°C acima comparado à alvenaria.

As temperaturas para as duas técnicas construtivas apresentam-se fora da faixa de conforto térmico durante quase todo o dia, isto é, haverá necessidade de resfriamento artificial para os dois casos. As características climáticas de Foz do Iguaçu pressupõem esse resfriamento. Neste caso, mesmo estando fora da faixa de conforto durante o período de radiação solar mais intenso, o sistema Wood Frame funciona para melhoria do desempenho térmico, reduzindo a temperatura interna.

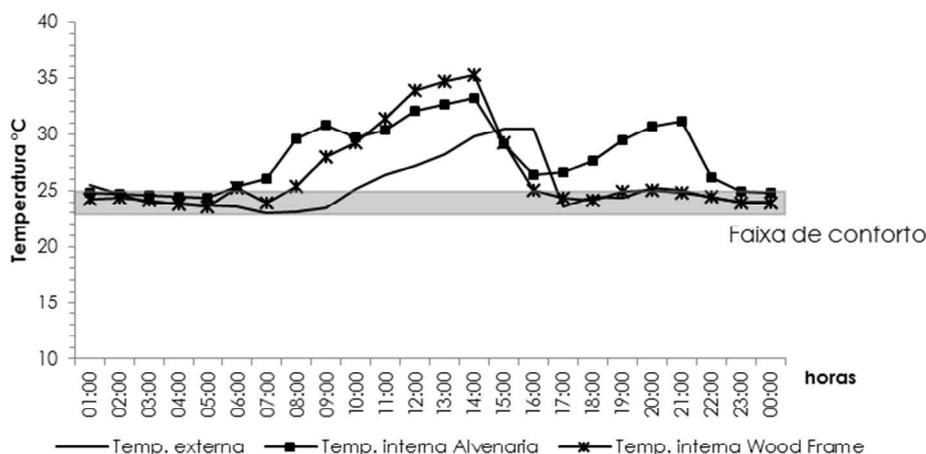


Figura 6 - Temperaturas para dia típico de verão

Para o dia típico de inverno (Figura 5), nota-se que ao longo de todo o dia, as temperaturas internas do sistema Wood Frame são menores em relação ao convencional, com diferença máxima de até 4,5 e 6 °C às 9:00 e às 22:00 respectivamente. Verifica-se que os dois modelos estão fora da faixa de conforto, sendo que a alvenaria se mostrou mais vantajosa neste caso. Tendo em vista o curto período de inverno que ocorre para o clima de Foz do Iguaçu, ainda assim, o uso de vedações do sistema Wood Frame pode ser vantajoso.

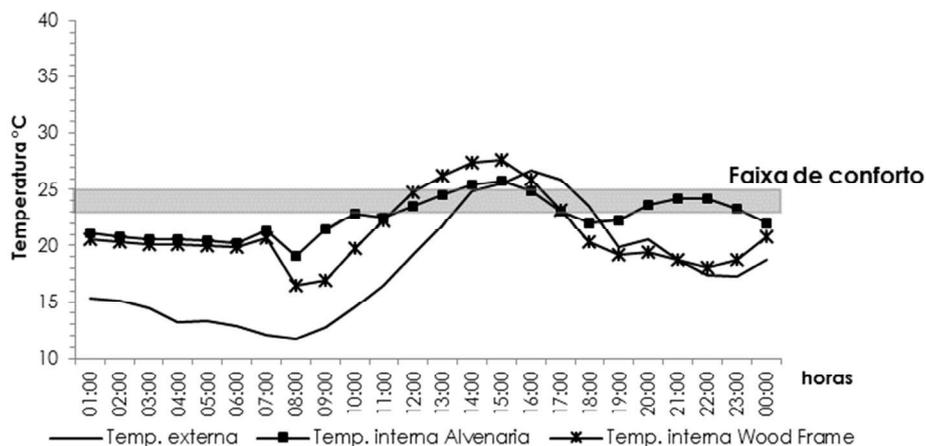


Figura 7 - Temperaturas para dia típico de inverno

Em relação ao consumo de energia elétrica para resfriamento, o uso do sistema Wood Frame apresentou ao longo de todo o ano, valores inferiores (Figura 6). No entanto, nota-se um maior consumo de energia para aquecimento, como era suposto, tendo por base os valores de temperatura observados.

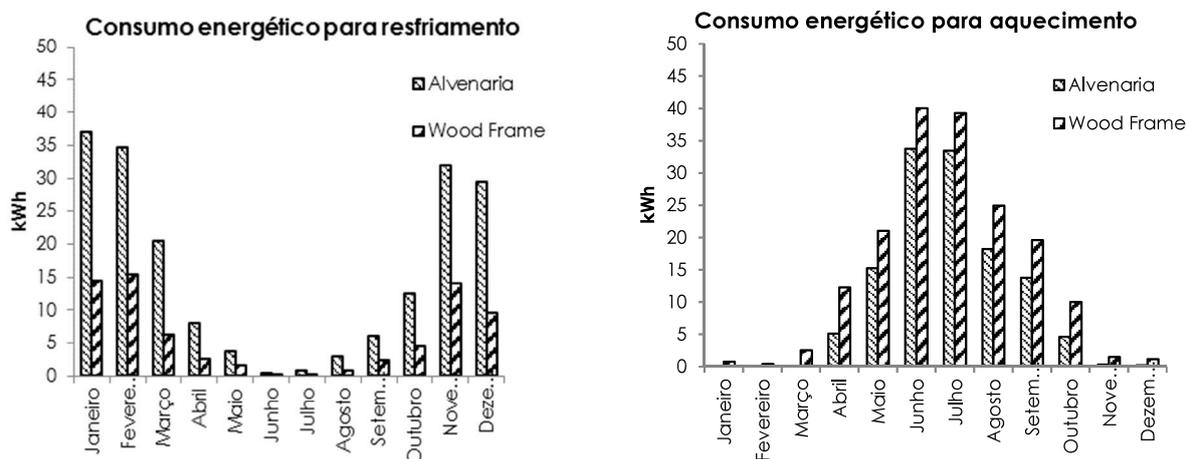


Figura 8 - Consumo anual de energia elétrica – Wood Frame x Alvenaria

De acordo com os resultados, o modelo de alvenaria convencional apresenta um consumo energético anual total de 313,01 kWh e o Wood Frame de 245,54 kWh, este último indica um consumo inferior de 21,6%, representando uma economia de R\$ 52,00 ao ano para essa célula, conforme valor atual de tarifa para modalidade residencial disponibilizado pela COPEL (0,76897 R\$/kWh).

Visto que o modelo utilizado é apenas um dormitório, a economia aparenta ser insignificante, no entanto, se considerado o número de ambientes de uma residência convencional de Foz do Iguaçu, pode ser significativa.

Percebe-se que o uso do sistema Wood Frame pode apresentar-se como uma estratégia para a melhoria do desempenho energético da edificação na cidade de Foz do Iguaçu, onde há maior necessidade do sistema de resfriamento, devido ao número elevado de dias quentes no ano.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados, de forma geral, o uso do sistema Wood Frame apresentou um bom desempenho térmico quando comparado com a alvenaria convencional. No dia típico de verão, as temperaturas internas desse sistema foram menores, permanecendo na faixa

de temperatura de conforto térmico por maiores períodos que a alvenaria convencional. No entanto, para dia típico de inverno, as temperaturas internas do Wood Frame também foram menores.

Em relação às necessidades nominais de resfriamento, o Wood Frame destacou-se pelos valores inferiores, já para necessidades de aquecimento, apresentou resultados superiores. Conforme consumo anual total, o sistema apresenta-se com vantagem em termos de eficiência energética, com uma redução de 21,6% no consumo energético total para o ambiente analisado.

Acredita-se que o Wood Frame possa ser uma opção viável para utilização em vedações verticais de habitações para o clima de Foz do Iguaçu. Para melhor desempenho durante o inverno, pode-se sugerir a utilização de câmaras de ar, espessuras maiores das camadas e avaliação de diferentes isolantes térmicos na sua composição, podendo favorecer o seu desempenho térmico e energético.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 6401: *Instalações centrais de ar-condicionado para conforto - Parâmetros básicos de projeto* - Rio de Janeiro, 1980.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15220: *Desempenho térmico de edificações Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações*. Rio de Janeiro, 2005.a.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15220: *Desempenho térmico de edificações Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social*, 2005. b.
- BARBIERO, M. *Avaliação das percepções quanto ao ambiente térmico em uma indústria metalúrgica: um estudo de caso*. 2004. Mestrado profissionalizante em Engenharia - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.
- BME. Banco Multidimensional de Estatísticas - PNAD - Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios. 2015. Disponível em: <<https://www.bme.ibge.gov.br/app/adhoc/index.jsp>>. Acesso em: 25 set. 2018.
- BRAUHARDT, B. et al. *Wood Frame Housing System: Case Study and Application Potential for Low-Cost Housing in Foz do Iguaçu*. SBE Series 16 Sustainable Urban Communities towards a Nearly Zero Impact Built Environment, 2016.
- CLIMATE-DATA.ORG. *Clima: Foz do Iguaçu*. [s.d.]. Disponível em: <<https://pt.climate-data.org/location/879808/>>. Acesso em: 26 nov. 2017.
- CÓDIGO DE OBRAS E EDIFICAÇÕES DO MUNICÍPIO DE FOZ DO IGUAÇU. *Leis complementar n° 3 data 16 de julho de 1991, 1991*. Disponível em: <<http://www.pmfri.pr.gov.br/Portal/VisualizaObj.aspx?IDObj=1218>>. Acesso em: 21 nov. 2017.
- KRELLING, A. F.; HACKENBERG, A. M. *Influência de parâmetros construtivos na eficiência energética de uma edificação - análise através de simulação computacional*. R. gest. sust. ambient., [s. l.], n. esp., p. 211–232, 2015.
- LAMBERTS, R. et al. *Sustentabilidade nas edificações: contexto internacional e algumas referências brasileiras na área*. Florianópolis.: Universidade Federal de Santa Catarina, 2011.
- LAMBERTS, R. *Conforto e stress térmico*. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2016. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/Apostila%20Conforto%20T%C3%A9rmico_2016.pdf>.
- MAZZAFERRO, L.; MELO, A. P.; LAMBERTS, R. *Manual de simulação computacional de edifícios com o uso do objeto Ground Domain no programa EnergyPlus*. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2015.

- *MINISTÉRIO DA SAÚDE. PORTARIA no 3.523, de 28 de agosto de 1998, 1998. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/1998/prt3523_28_08_1998.html>. Acesso em: 21 nov. 2017.*
- *MOLINA, J. C.; CALIL JUNIOR, C. Sistema construtivo em wood frame para casas de madeira. Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas, [s. l.], v. 31, n. 2, p. 143–156, 2010.*
- *POGRAMA BRASILEIRO DE QUALIDADE E PRODUTIVIDADE DO HABITAT (PBQP-H). Datec n° 20-A: Sistema de vedação vertical leve em madeira.: Sistema Nacional de Avaliações Técnicas - SINAT, 2017. Disponível em: <<http://www.tecverde.com.br/wp-content/uploads/2016/07/DATec020B.pdf>>. Acesso em: 1 dez. 2017.*
- *SACHT, H. M. Módulos de Fachada para Reabilitação Eco-Eficiente de Edifícios em Portugal. 2012. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade do Minho, Braga, 2012.*
- *SILVA, J. G. Introdução à Tecnologia da Refrigeração e da Climatização. 2. ed.: Artliber, 2004. Disponível em: <<http://folhashop.folha.uol.com.br/introducao-a-tecnologia-da-refrigeracao-e-da-climatizacao-jesue-graciliano-da-silva-8588098172.html#rmcl>>. Acesso em: 21 nov. 2017.*
- *SOUZA, L. G. Análise comparativa do custo de uma casa unifamiliar nos sistemas construtivos de alvenaria, madeira de lei e Wood Frame. Florianópolis: Instituto de Pós Graduação IPOG. Disponível em: <<https://www.ipog.edu.br/download-arquivo-site.sp?arquivo=analise-comparativa-do-custo-de-uma-casa-unifamiliar-nos-sistemas-construtivos-de-alvenaria-madeira-de-lei-e-wood-frame-1335716.pdf>>. Acesso em: 29 nov. 2017.*
- *UNEP SBCI. United Nations Environment Programme. Sustainable Buildings and Climate Initiative: Promoting policies and practices for the built environment. 2012. Disponível em: <<https://europa.eu/capacity4dev/file/13845/download?token=F5gO9LHM>>. Acesso em: 26 nov. 2017.*
- *VENÂNCIO, R. Treinamento para o programa Design Builder: versão 2.0: Laboratório de Conforto Ambiental - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, [s.d.].*