

[VOLVER AL ÍNDICE](#)

# A VENTILAÇÃO NATURAL COMO FORMA DE CONFORTO HIGROTÉRMICO: SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DE UM EDIFÍCIO ASSISTENCIAL DE SAÚDE NO RIO DE JANEIRO

*Kátia Maria Macedo Sabino Fugazza (katia.fugazza@gmail.com); Lucas Rosse Caldas (lrc.ambiental@gmail.com); Maria Julia de Oliveira Santos (mariajuliasan@gmail.com)*

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (UFRJ-FAU), Programa de Pós-Graduação em Arquitetura (PROARQ) - Brazil

**Palavras chaves:** Ventilação Natural; Simulação Computacional Termoenergética; Edifício Assistencial de Saúde.

*Este trabalho tem como objetivo a avaliação do comportamento da abertura das janelas como condicionante de desempenho térmico de uma enfermaria do Hospital Municipal Lourenço Jorge, localizada no Rio de Janeiro - RJ. O método empregado partiu da caracterização da edificação, das condições climáticas do entorno e elaboração do modelo computacional para simulação termo energética, que foi realizada no software DesignBuilder integrado ao EnergyPlus. Para essa avaliação adotou-se a taxa de renovação de ar de 12,00 ac/h com fator de abertura das janelas da enfermaria de 30% do vão total, pelo fato de serem pivotantes. Os resultados obtidos demonstraram diminuição de temperatura de conforto na média anual de 1,15°C, entre o cenário sem e com ventilação natural, no entanto, não foi suficiente para atender as taxas de conforto definidas pela ASHRAE-55. Esse trabalho traz como principal contribuição a apresentação de um processo de aplicação da simulação computacional termoenergética para a avaliação do impacto da ventilação natural, que pode ser confrontado, no futuro, com medições in loco nos edifícios assistenciais de saúde.*

## 1. INTRODUÇÃO:

Com o advento da ventilação mecânica, a ventilação natural passou a ser coadjuvante na obtenção do conforto térmico nos ambientes de saúde sendo esta uma das estratégias bioclimáticas mais importante para climas quentes e úmidos (LAMBERTS et al., 2005).

A influência do ambiente térmico nos seres humanos é investigada por experimentos de campo em vários lugares e climas desde meados da década de 1980 (SCHILLER, 1988). No caso de uma enfermaria de um hospital, isso se torna ainda mais necessário, devido à necessidade de assepsia e à possibilidade de transmissão de infecções por vias aéreas (ANVISA, 2009). De acordo com Quadros (2016), a complexidade na avaliação do conforto térmico é ampliada quando se refere aos ocupantes e pela fragilidade de saúde de alguns usuários, podendo também exercer uma influência direta e significativa na velocidade de recuperação dos pacientes e na ocorrência de infecções hospitalares. Devem ser considerados também o conforto ambiental e a salubridade, característica relativa à presença de germes e bactérias, que existem aos milhões em qualquer ambiente. Fatores que determinam a temperatura nas edificações, tais como a disposição de aberturas, o material que constitui as paredes e revestimentos e o condicionamento ou aquecimento do ar devem ser planejados com o devido cuidado ao uso a ser dado a cada ambiente, uma vez que temperaturas altas podem induzir sensações de preguiça, de letargia e diminuem a produtividade das pessoas.

Os edifícios assistenciais de saúde (EAS), em composição simples ou complexa, seja um posto de saúde ou um hospital especializado, abarcam diversas limitações de concepção

em função das inúmeras disposições normativas inerentes. Abrigam uma diversidade de indivíduos das mais diversas classes, culturas e perfis sociológicos e, historicamente, funcionam como estruturas de poder verticalizadas, seja em função de sua administração, dos serviços prestados ou das próprias relações entre os seus diversos usuários. Como relata Góes (2011), devido à grande complexidade nas instalações, o consumo de energia é um dos principais destaques e influenciadores no impacto ambiental causado pelas EAS.

O que passou a preponderar no Brasil cada vez mais é a priorização em incorporar as novas tecnologias com a utilização de sistemas de condicionamento e iluminação artificiais mais eficientes energeticamente. Por conta da eficiência energética, inúmeros países propõem melhorias energéticas nos EAS através de certificações e normas. Dentre essas estratégias destaca-se a adoção de soluções passivas para o condicionamento ou aquecimento dos ambientes, como o uso da ventilação e iluminação natural. (JEFFE e WESTPHAL, 2012, p. 2).

Segundo Adamu, Price e Cook (apud JEFFE e WESTPHAL, 2012, p. 2) a utilização da ventilação natural é atraente devido ao seu potencial em proporcionar um menor consumo de energia. Entretanto, utilizá-la e ao mesmo tempo manter as taxas de vazão de ar para manter a qualidade do ar interno e o conforto térmico é um desafio.

A ventilação é um fator de suma importância para a dissipação dos contaminantes existentes no ar e cada área no EAS deve possuir um índice de acordo com sua função.

A RDC nº 50 (BRASIL, 2002), não regulamenta as taxas de renovação de ar para os EAS e cita somente o cumprimento às normas edilícias da região e os espaços em que são possíveis de uso de ventilação natural. Essas informações podem ser obtidas na World Health Organization (WHO, 2009) recomendando 60 litros/segundo por paciente para áreas com pacientes externos, quartos de internação e enfermarias em geral. Contudo, esses dados são apenas norteadores projetuais, porém com esta publicação demonstra-se o crescente reconhecimento do papel da ventilação natural sobre a qualidade do ar.

Neste contexto, o objetivo deste trabalho será avaliar o comportamento da abertura das janelas como condicionante de desempenho térmico em uma enfermaria do Hospital Municipal Lourenço Jorge (HMLJ), localizada no Rio de Janeiro - RJ. Edificação projetada para o uso da ventilação natural nos seguintes blocos: Ambulatorial; Administração; Enfermarias; Cozinha e Lavanderia e Manutenção. Será avaliada a tipologia das aberturas para a ventilação natural utilizadas nos hospitais.

## 2. OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo a avaliação do comportamento da abertura das janelas como condicionante de desempenho térmico de uma enfermaria do Hospital Municipal Lourenço Jorge, localizada no Rio de Janeiro - RJ.

## 3. MÉTODO

O método utilizado nesta pesquisa enquadra-se como estudo de caso e foi dividido nas seguintes etapas:

- Caracterização da edificação;
- Caracterização climática do entorno;
- Elaboração do modelo computacional e simulação termoenergética.

### 3.1. Caracterização da Edificação

O Hospital Municipal Lourenço Jorge (HMLJ), localizado na Av. Ayrton Senna, nº 2.000 no bairro da Barra da Tijuca – Rio de Janeiro/RJ, conforme mostra a figura 1, definida pelas coordenadas -22° 99'46" e -43° 36'42", altitude de 3,0m em relação ao nível do mar, para a

medição de altitude utilizou-se como base o aeroporto de Jacarepaguá que se encontra a aproximadamente 80m de distância.



Figura 1. Localização do HMLJ, autores adaptado Google.

O Hospital se caracteriza por atendimentos de emergência de baixa complexidade e para atender a área da Barra da Tijuca e Jacarepaguá (COUTO, 2009, pg. 44), com 16.000m<sup>2</sup> de área construída, possuindo emergência, consultórios, enfermarias e UTI com três leitos cada, imagenologia, salas cirúrgicas e áreas técnicas, administrativas e de apoio.

Com base na tipologia e foco do estudo, escolheu-se para a simulação uma enfermaria com 29,23m<sup>2</sup>, situadas na fachada norte, desta forma, a pesquisa foi direcionada para tal regiões, como mostrado na figura 2.

A edificação possui um pavimento com aproximadamente 12.500,00m<sup>2</sup> de área construída, tendo a enfermaria estudada 29,23 m<sup>3</sup>.

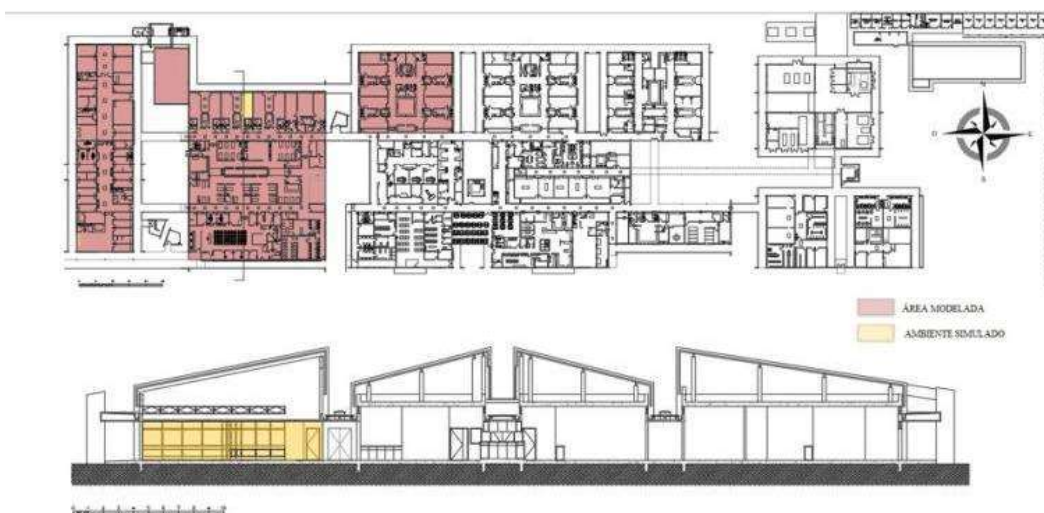


Figura 2. Planta baixa e corte do HMLJ, autores adaptado de Secretaria Municipal de Urbanismo.

As enfermarias, voltadas para a área externa, possuem amplas esquadrias e passarelas externas cobertas para interligação entre setores, possuindo 2,30m de largura garantindo a proteção destas.

### 3.2. Caracterização climática do entorno

De acordo com o zoneamento climático brasileiro da norma NBR 15220 (ABNT, 2005) o estado do Rio de Janeiro se encontra na zona bioclimática 8. De acordo com a norma das diretrizes projetuais a ventilação natural e sombreamento das aberturas são principais premissas de conforto para a edificação.

Usou-se para análise bioclimática o programa AnalysisBio 2.2, do Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LABEE) da Universidade federal de Santa Catarina (UFSC) e constatou-se que a ventilação natural é a estratégia climática principal para os seguintes meses do ano: janeiro, fevereiro, março e dezembro.

Para o estudo do vento na implantação, utilizou-se a rosa dos ventos, conforme mostra a figura 3, disponibilizada pelo sítio Windfinder, da estação do aeroporto de Jacarepaguá, e que se encontra a 1,00Km de distância em linha reta da edificação.

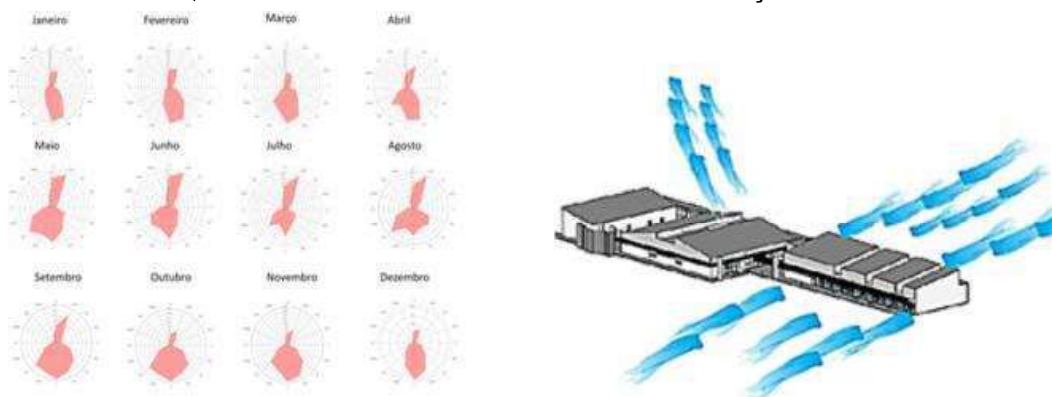


Figura 3. Rosa dos ventos mensais e ação na edificação - estação meteorológica do Aeroporto de Jacarepaguá/RJ, autores adaptado do sitio Windfinder

### 3.3. Elaboração do modelo computacional e simulação termoenergética

O programa de simulação termo energética adotado no presente trabalho foi o DesignBuilder v5.5.0.12, que está integrado à ferramenta EnergyPlus 8.6. Este programa permite a modelagem da edificação na fase de concepção ou avaliação de edificações já existentes, com materiais já definidos. A justificativa pela escolha do software foi por ter uma interface amigável e pela norma NBR 15.575-1 (ABNT,2013) recomendar o uso do EnergyPlus como programa de simulação. Para este estudo, usou-se o arquivo com a extensão \*EPW da Vila Militar.

#### 3.3.1. Sítio, características e propriedades do modelo

Para a análise das condições climáticas da edificação foi adotado o arquivo climático EPW do Rio de Janeiro – Vila Militar, obtido do Laboratório de Eficiência Energética de Edificações (LabEEE). Para este estudo, apenas o entorno imediato da enfermaria a ser estudada foi modelada, conforme mostra a figura 4.

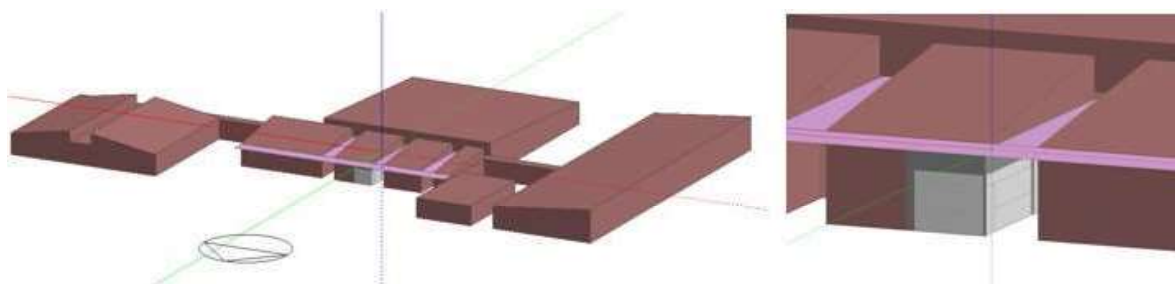


Figura 4. Entorno imediato e enfermariamodelado no Programa DesignBuilder, autores.

Usou-se para a modelagem os seguintes materiais: pilares, vigas e laje em concreto armado, vedações internas e externas em cerâmica furada com 9mm, emboço de 2,5mm, pintura externa na cor branca e interna na cor marfim, portas internas em madeira oca pintada na cor verde, esquadrias externas com estrutura em ferro pintadas na cor verde e vidro simples de 6mm, piso interno em granitina na cor cinza escuro, telhas metálicas e pé-direito com 2,57m.

### 3.3.2. Simulação da edificação

Para a simulação utilizou-se os materiais, componentes, aberturas e orientação solar do projeto original. A carga térmica para o ambiente foi definida de acordo com a ASHRAE Standard 90.1 e uso de 24 horas de consultas e tratamentos, originário do DesignBuilder. Optou-se a modelagem do entorno imediato em blocos adiabáticos para servirem como barreira da radiação térmica e da ventilação natural, sendo usada somente a zona a ser estudada em bloco componente.

Usou-se como critério para a escolha da enfermaria selecionada a voltada diretamente para o vento incidente norte.

As esquadrias são formadas por quatro (4) painéis pivotantes e quatro (4) painéis fixos. As esquadrias com janelas operáveis são compostas por duas (2) bandeiras móveis com 1,10m x 0,95m e com 0,40m x 0,95m. A dimensão do conjunto 3,80m de largura x 2,57m de altura. De acordo com LAMBERTS (2014, pg.177) para a inclinação da janela maxi-ar de 45° possuem 30% de área útil de abertura. Totalizando para a esquadria da enfermaria o total de 2,36m<sup>2</sup> de área útil de abertura.

Para os elementos construtivos adotou-se as seguintes propriedades dos materiais de acordo com a NBR 15220-3 (ABNT, 2005), conforme apresentados na tabela 1.

Quadro 1. Propriedades dos materiais

	Material	Resistência	Transmitância	Atraso Térmico	Capacidade Térmica	Fator Solar
Piso	Laje maciça 10 cm	0.27 m <sup>2</sup> K/W	3.74 W/m <sup>2</sup> . K	2.3 h	220 J/K	
Parede	Argamassa interna 2.5 cm. Bloco cerâmico 14x19x29 cm. Argamassa Externa 2.5 cm	0.55 m <sup>2</sup> K/W	1.83 W/m <sup>2</sup> . K	4.3 h	161 J/K	
Pintura da Parede	Pintura acrílica fosca na cor branca					
Cobertura	Laje pré-moldada 12 cm   Câmara de ar (> 5.0 cm)   Telha metálica 0.6 cm	0.56 m <sup>2</sup> K/W	1.80 W/m <sup>2</sup> . K	4.8 h	169 J/K	
Vidros	Vidro laminado cinza 6 mm					0.28

Para avaliar o desempenho térmico das aberturas para condicionante de desempenho térmico selecionou-se duas configurações de aberturas das esquadrias, identificadas abaixo:

- Configuração 1 – Janelas abertas em 30% e porta interna aberta 100%, para esta simulação utilizou-se renovação de ar de 12,00 ac/h.
- Configuração 2 – Janelas fechadas e porta interna aberta 100%, para esta simulação utilizou-se renovação de ar de 1,00 ac/h.

Para a simulação, adotou-se a taxa sugerida pelo WHO (2009) de 60 litros/segundo/pessoa, selecionou-se os meses de: fevereiro, por ser o mês com a maior amplitude térmica e o mês

de maio por ser o mês com a ventilação natural indicada pela carta climática e pelos ventos em maior proporção pela face norte e uso hospitalar com funcionamento de 24 horas.

A temperatura externa do bulbo seco foi adotada como parâmetro de análise para as condições externas. A enfermaria foi modelada com uma (1) zona térmica.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A figura 5 mostra o resultado anual da temperatura externa do bulbo seco e a temperatura com as janelas abertas e fechadas na edificação. Nota-se que no mês de fevereiro, este com a maior temperatura externa de bulbo seco de 26,03°C, a abertura da janela influenciou a diminuição de 0,65°C na temperatura operativa interna. Já no mês de agosto, constatou-se a maior diferença de temperatura pela abertura das janelas de 1,53°C.

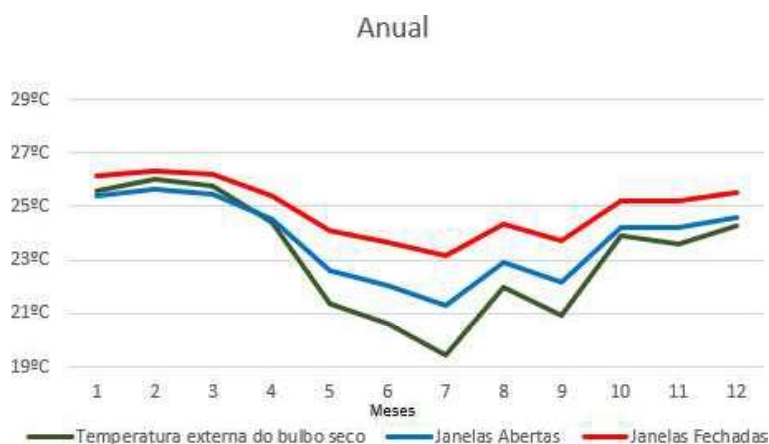


Figura 5. Temperatura interna da configuração 1 com as janelas abertas, da configuração 2 com as janelas fechadas e temperatura externa, autores.

Percebe-se ainda que por meio dos resultados da figura 05, a temperatura dos meses de janeiro e março diminuem em relação à temperatura externa em 0,28°C, somente com a abertura das janelas. Já nos meses subsequentes, o interior se torna mais quente do que o exterior.

Para os meses de fevereiro, adotado por ser o mês com a maior amplitude térmica e o mês de maio, por ser o mês com a ventilação natural indicada pela carta climática, houve para o mês de fevereiro uma diminuição de 0,65°C na temperatura apenas com a abertura das janelas e para o mês de maio uma diminuição de 1,47°C. como mostrado na figura 6.

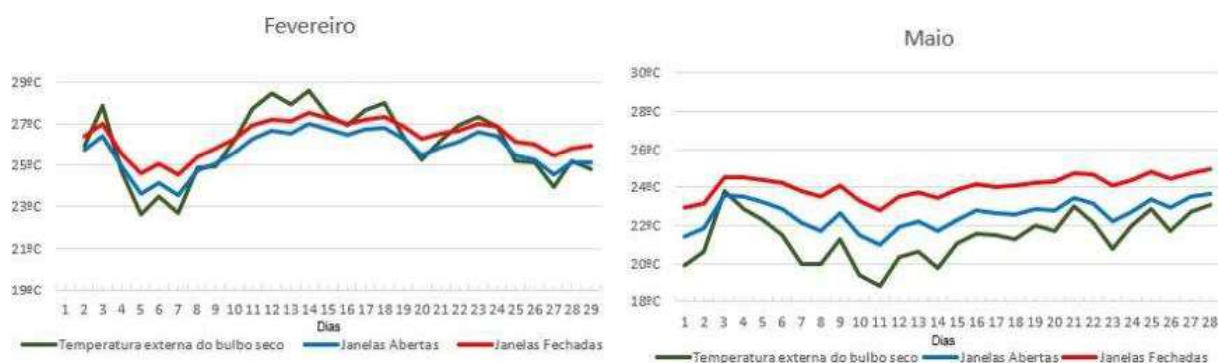


Figura 6. Temperatura interna com as janelas abertas e com as janelas fechadas em relação a temperatura radiante, autores.

## 5. CONCLUSÃO

Diversos estudos comprovam a eficácia da ventilação natural como forma de dissipação dos contaminantes do ar e na eficiência energética nos edifícios assistências de saúde, porém esta ainda é pouco usada pela inconstância dos ventos e pela dificuldade de simulação e falta de normas específicas nacionais.

Através dos resultados das simulações constatou-se que com as janelas abertas a temperatura média diminuiu 1,15°C anual. Porém, verificou-se que a ventilação natural não é suficiente na maioria dos meses do ano para atender as taxas de conforto definidas pela ASHRAE-55.

Percebe-se que pelo projeto apresentado para este estudo (COUTO,2009), na concepção do projeto original havia ventilação entre forro e janelas acima da marquise de proteção, estas hoje fechadas, promovendo assim a ventilação cruzada por todo o edifício. A modelagem foi feita sem as condições originais de abertura pelo telhado pela falta de detalhamento no projeto.

A simulação computacional para a avaliação do desempenho térmico de uma edificação de saúde é uma ferramenta pouco utilizada apesar da importância para os arquitetos na fase inicial do projeto, pois nessa etapa, pode-se propor alternativas projetuais que se adequem ao resultado esperado.

Para trabalhos futuros indica-se o levantamento e medição *in loco* da ventilação e conforto térmico na EAS estudada, para confrontar-se dados do momento com os da simulação computacional. Necessita também a realização de novas simulações considerando o fluxo dos ventos com o plugin CFD do DesignBuilder.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2005). NBR 7256: Tratamento de ar em estabelecimentos assistenciais de saúde, Rio de Janeiro.
- Anvisa, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. (2002). RDC nº. 50, de 21 de fevereiro de 2002. Dispõe sobre o regulamento técnico para planejamento, programação, elaboração e avaliação de projetos físicos de estabelecimentos assistenciais a saúde. Brasília,
- \_\_\_\_\_. Nota Técnica, de 16 de abril de 2009. (2009). Importância dos projetos de sistemas de climatização em estabelecimentos assistenciais de saúde (EAS). Brasília.
- ASHRAE, American society of heating refrigerating and air conditioning engineers. (2013). ASHRAE Standard. 55: Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. Atlanta
- \_\_\_\_\_. (2007). 90.1 User's Manual ANS I/ ASHRAE / IESNA standard 90.1. Atlanta. 358 p
- \_\_\_\_\_. ASHRAE Standard 140-2011, Standard Method of Test for the evaluation of Building Energy Analysis Computer Programs.
- Couto, R. S. (2009). Hospital Municipal Lourenço Jorge: Um estudo sobre a contribuição da arquitetura para o processo terapêutico. Mestrado – FAU/UFRJ. Rio de Janeiro.
- Goés, R. de. (2004). Manual prático de arquitetura hospitalar. São Paulo: Edgard Blücher.
- Jeffe, A. P. M e Westphal, F. S. (2015). Desempenho térmico de quartos de internação hospitalar por meio de simulação computacional. In: XIII Encontro Nacional e IX Encontro Latino-americano de Conforto no Ambiente Construído. Disponível em:  
<http://www.infohab.org.br/encac/files/2015/topico4artigo32.pdf>.
- Lamberts, R. et al. (2005). Desempenho Térmico de Edificações. Apostila LabEEE. 3. ed. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC. Disponível em:  
[http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/Aula-Apresentação%20Disciplina\\_0.pdf](http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/Aula-Apresentação%20Disciplina_0.pdf).
- Projete. Disponível em: <http://projeteee.mma.gov.br/>.

- Schiller, G. et al. (1988). *A field study of thermal environments and comfort in office buildings. ASHRAE 462-RP Final Report. Disponível em: <https://escholarship.org/uc/item/4km240x7>.*
- Quadros, B. M. (2016). *Ventilação natural para o conforto térmico e renovação do ar em ambientes de enfermaria hospitalar. Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo do Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina*
- – Florianópolis – SC.
- Windfinder. Disponível em:  
[https://www.windfinder.com/windstatistics/barra\\_da\\_tijuca\\_rio\\_de\\_janeiro](https://www.windfinder.com/windstatistics/barra_da_tijuca_rio_de_janeiro).
- Who, Organização Mundial Da Saúde. (2009). *Natural Ventilation for Infection Control in Health-Care Settings. Switzerland. Disponível em:  
[http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/publications/natural\\_ventilation.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/natural_ventilation.pdf).*

- **AGRADECIMENTOS**

- Este trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.