

ANÁLISE DOS LIMITES DE TRANSMITÂNCIA E CAPACIDADE TÉRMICA DA NORMA NBR 15575

Cristiano A. Teixeira (1); Marcio José Sorgato (2); Ana P. Melo (3); Roberto Lamberts (4)

(1) Graduando em Arquitetura e Urbanismo, cristiano.andre.teixeira@gmail.com

(2) Doutor, Pós-doutorando do Departamento de Engenharia Civil, sorgatomarcio@gmail.com

(3) Doutora, Pós-doutoranda do Departamento de Engenharia Civil, apaula_melo@posgrad.ufsc.br

(4) PhD, Professor do Departamento de Engenharia Civil, roberto.lamberts@ufsc.br

Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Civil, Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, Cx Postal 476, Florianópolis-SC, 88040-900, Tel.: (48) 3721 5184

RESUMO

Este artigo tem objetivo de quantificar o consumo de energia para condicionamento artificial do ar em edificações unifamiliares com os limites das variáveis transmitância e capacidade térmica dispostos no método normativo da NBR 15575. Para isso, foram realizadas simulações computacionais de duas tipologias de edificações unifamiliares que atendiam aos limites da norma, estimando os consumos de energia para resfriamento e aquecimento dos ambientes de permanência prolongada (salas e dormitórios). As simulações computacionais foram realizadas no programa EnergyPlus e as cidades analisadas foram Florianópolis, São Paulo e Rio de Janeiro. Utilizou-se condições de conforto adaptativo para determinar a operação do sistema de ventilação híbrida nas duas tipologias. Os resultados indicam que o limite de absorptância 0,8 e transmitância $2,19 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ acarreta em um consumo maior para o resfriamento dos dormitórios, enquanto que para o aquecimento o limite de absorptância 0,4, no caso do Rio de Janeiro, ou 0,6, em Florianópolis e São Paulo, e transmitância $3,56 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ acarreta em um consumo maior tanto na sala quanto nos dormitórios.

Palavras-chave: desempenho térmico, consumo de energia, eficiência energética, simulação computacional, NBR 15575.

ABSTRACT

This article aims to quantify the energy consumption of air conditioners in single-family buildings with the limits of U-factor and heat capacity presented by the normative method of the NBR 15575. In order to do that there were conducted a series of computer analyses to determine the energy consumption for cooling and heating in the living rooms and bedrooms of two residential buildings typologies that met the requirements of U-factor and heat capacity stipulated by the NBR 15575. The analyses were made using the EnergyPlus computer program and three weather data from the cities of Florianópolis, São Paulo and Rio de Janeiro. There were used comfort conditions and acceptability limits to determine the operation of the hybrid ventilation system in both typologies. The results indicate that the limit with 0,8 of solar absorptance and $2,19 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ of U-factor increases the consumption for cooling in bedrooms, while the limit with 0,4 of solar absorptance in Rio de Janeiro or 0,6 in Florianópolis and São Paulo and $3,56 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ of U-factor increases the consumption for heating in bedrooms and livingrooms.

Palavras-chave: thermal performance, energy consumption, energy efficiency, computer simulation, NBR 15575.

1. INTRODUÇÃO

As edificações residenciais são responsáveis por um quarto de todo o consumo de energia elétrica do país (BRASIL, 2016). Mesmo em 2016, quando o Brasil atravessa o início de uma grave crise econômica, o consumo de energia elétrica desse setor teve um recuo de apenas 0,7%. E tudo indica que o consumo de energia deve aumentar, uma vez que as projeções do IBGE apontam para um crescimento constante da população do país que em 2030 deve chegar a cerca de 223 milhões de habitantes (IBGE, 2017). Por isso, destaca-se a importância do desenvolvimento e difusão de normas, regulamentos e programas que visem incentivar a redução do consumo de energia elétrica das edificações residenciais do país.

A NBR 15575 (ABNT, 2013) avança neste sentido ao estabelecer parâmetros e seus respectivos limites que devem ser considerados para a adequação das edificações residenciais em termos de desempenho térmico. Esta norma estabelece três procedimentos de avaliação possíveis: medição, normativo e simulação. No normativo, que é o foco deste estudo, são definidos padrões mínimos de desempenho térmico das paredes externas e das coberturas das edificações residenciais. A NBR 15575-4 define os requisitos mínimos de transmitância e capacidade térmicas das paredes externas e a NBR 15575-5 define os requisitos mínimos de transmitância térmica das coberturas. Esses requisitos estão relacionados à zona bioclimática em que a edificação está inserida. No caso das zonas bioclimáticas 1 e 2, a norma estabelece um valor máximo de transmitância térmica e mínimo de capacidade térmica, enquanto que nas demais zonas bioclimáticas esse valor varia de acordo com a absorvância das paredes externas e das coberturas.

Deve-se ressaltar que os procedimentos estabelecidos pela norma vêm sendo questionados. Silva et al. (2014) investigou o peso que as variáveis tipos de piso e tipos de céu, que são desconsideradas no método de simulação da NBR 15575-1 (ABNT, 2013), tem sobre desempenho térmico de uma habitação. A pesquisa mostrou que essas variáveis tem um impacto significativo no desempenho térmico das edificações. As análises feitas por Sorgato et al. (2014) apontam que as condições de contato da edificação com o solo, que também não são especificadas pela NBR 15575, exercem forte influência nos resultados das simulações do desempenho térmico das edificações. O mesmo método foi questionado por Ferreira e Pereira (Ferreira; Pereira, 2014) que ao avaliar um dos ambientes de permanência prolongada de um modelo de edificação multifamiliar constatou que o atendimento à exigência de que a temperatura interna deve ser inferior à temperatura externa do dia típico de verão não refletiu em um baixo percentual de horas em desconformo térmico. Diante deste contexto, este estudo propõe-se a analisar os limites das variáveis transmitância e capacidade térmica das paredes e coberturas do método normativo da NBR 15575.

2. OBJETIVO

Esta pesquisa objetiva avaliar os limites das variáveis transmitância e capacidade térmica do método normativo da NBR 15575 através da comparação do desempenho energético de edificações residenciais unifamiliares, quantificando o consumo de energia para resfriamento e aquecimento para manter as condições de conforto térmico adaptativo nos ambientes de permanência prolongada.

3. MÉTODO

Foram realizadas análises dos consumos de aquecimento e resfriamento dos ambientes de permanência prolongada de duas tipologias de edificações residenciais unifamiliares cujas orientações solares se mantiveram as mesmas durante todo o processo. Utilizou-se o programa de simulação computacional EnergyPlus versão 8.5 para a estimativa dos consumos.

3.1. Tipologias

Duas tipologias de edificações residenciais unifamiliares foram utilizadas no estudo. A primeira tipologia, de 63 m² de área útil, possui uma cozinha, um banheiro e três ambientes de permanência prolongada: uma sala e dois dormitórios (Figura 1 e Figura 2). Já a segunda tipologia, de 150 m² de área útil, possui uma cozinha, dois banheiros, uma área de serviço, uma garagem e quatro ambientes de permanência prolongada: uma sala e três dormitórios (Figura 3 e Figura 4). A cobertura foi modelada como resistência térmica equivalente, de acordo os procedimentos da NBR 15220 (2005). De acordo com o estudo de Mazzaferro et al (2014), observou-se que a diferença nos resultados de desempenho térmico é mínima considerando a modelagem do ático como uma camada equivalente ou como uma zona térmica. Estas tipologias são as mesmas adotadas na tese de doutorado de Sorgato (2015), as quais possuem características geométricas que buscam representar a variedade dos principais tipos de domicílios unifamiliares do Brasil.

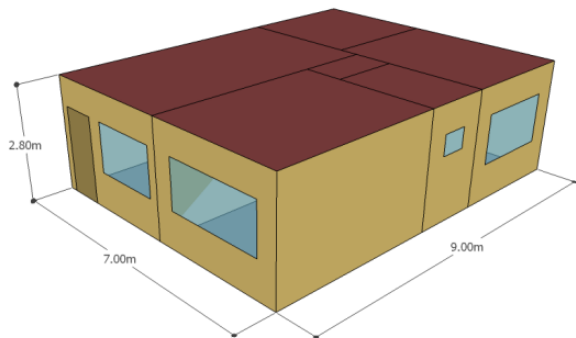


Figura 1 – Croqui volumétrico da tipologia de 63 m².

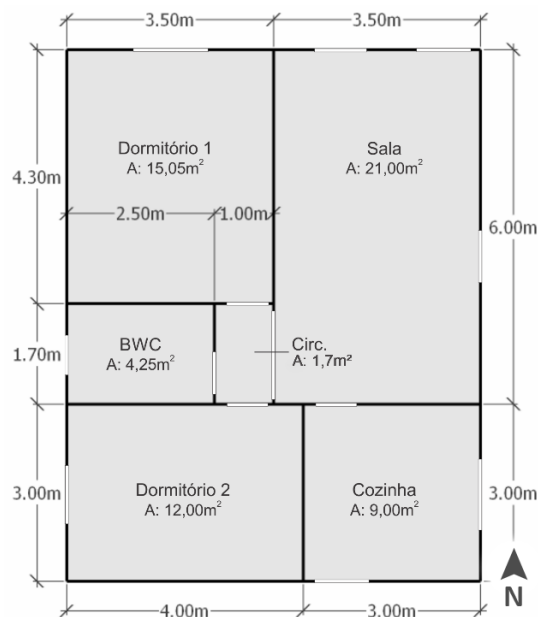


Figura 2 – Planta baixa da tipologia de 63 m².

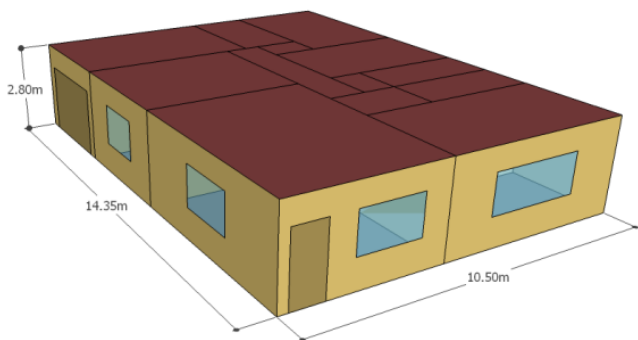


Figura 3 – Croqui volumétrico da tipologia de 150 m².

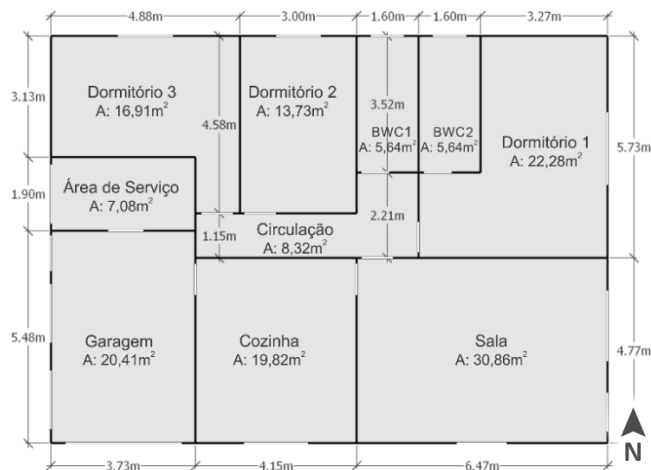


Figura 4 – Planta baixa da tipologia de 150 m².

3.2. Variáveis adotadas

Os limites da NBR 15575-4 e da NBR 15575-5 são definidos de acordo com a variável absorvância das paredes externas e das coberturas, assim como a zona bioclimática em que a edificação está inserida. Para as zonas bioclimáticas 3, 4, 5, 6, 7 e 8 são definidos dois tipos de limites para as paredes externas: o primeiro estabelece o valor máximo de transmitância térmica e mínimo de capacidade térmica para paredes externas com absorvância menor ou igual a 0,6; e o segundo estabelece esses limites para paredes externas com absorvância maior do que 0,6. No caso das coberturas, os limites de transmitância térmica são definidos para absorvâncias menores ou iguais a 0,6 ou maiores de que 0,6 nas zonas bioclimáticas 3, 4, 5 e 6; e menor ou igual a 0,4 ou maior do que 0,4 nas zonas bioclimáticas 7 e 8.

Com base nesses limites, foram atribuídos dois tipos de paredes e coberturas para a zona bioclimática. A Tabela 1 mostra as variáveis absorvância térmica, transmitância térmica e capacidade térmica de paredes e coberturas que foram adotadas de acordo com as cidades e as absorvâncias escolhidas. Para a simulação dos modelos foram utilizados os arquivos climáticos INMET das cidades de Florianópolis, São Paulo e Rio de Janeiro, disponibilizados pelo laboratório de eficiência energética em edificações (LABEEE, 2017). De acordo com a NBR 15220 (ABNT, 2005), Florianópolis e São Paulo estão situados na zona bioclimática 3 e o Rio de Janeiro na 8. A zona bioclimática 3 possui um clima ameno ao longo do ano, tendendo para o úmido. Já a zona bioclimática 8 possui um clima quente e úmido. A orientação solar dos modelos permaneceu inalterada durante todo o processo de simulação.

Tabela 1– Parâmetros adotados de acordo com os limites da NBR 15575.

Cidade	Absortância	Transmitância das paredes externas W/(m ² .K)	Capacidade térmica das paredes externas kJ/(m ² .K)	Transmitância da cobertura W/(m ² .K)
Florianópolis	0,6	3,56	147,1	1,93
	0,8	2,19	188,0	1,55
São Paulo	0,6	3,56	147,1	1,93
	0,8	2,19	188,0	1,55
Rio de Janeiro	0,4	3,56	147,1	1,93
	0,8	2,19	188,0	1,55

Além dos limites de transmitância e capacidade térmica das paredes externas e das coberturas, adotou-se quatro percentuais de aberturas distintos nos ambientes de permanência prolongada (PAVP): 10%, 15%, 20% e 30%. Esta variação teve o objetivo de identificar se o percentual de abertura teria um impacto significativo no consumo de energia dos modelos. A área efetiva para ventilação corresponde a 50% da área de janela. Um total de 24 modelos foram elaborados atendendo às variações de paredes e coberturas, zonas bioclimáticas e percentuais de abertura.

3.3. Padrão de ocupação

Definiu-se que as tipologias seriam habitadas por dois grupos, considerando duas pessoas por dormitório. A tipologia de 63 m² foi, então, ocupada por quatro pessoas, e a de 150 m² por seis. O padrão de ocupação desses moradores durante o dia varia de acordo com o tipo de ambiente: nos dormitórios o número máximo de pessoas é de dois e nas salas o valor pode chegar a quatro. Foi definido que entre as 8:00h e às 13:00h as salas e os dormitórios não eram ocupados. A Figura 5 e a Figura 6 mostram o padrão de ocupação utilizado nas salas e nos dormitórios de ambas as tipologias.

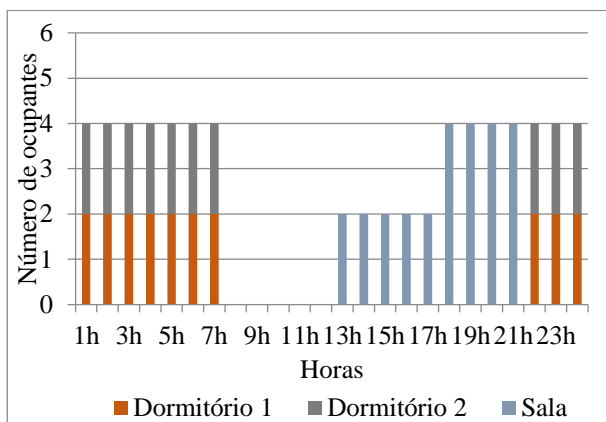


Figura 5 – Padrão de ocupação da tipologia de 63 m².

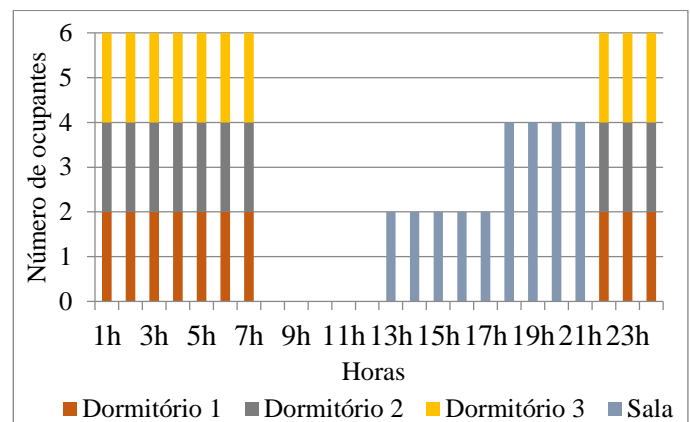


Figura 6 – Padrão de ocupação da tipologia de 150 m².

3.5. Condições de conforto

As condições de conforto foram determinadas a partir dos limites de aceitabilidade da ASHRAE 55 (ASHRAE 55, 2013) com a adaptação de De Vecchi et al. (2014) que adiciona uma zona de ajuste de clo onde o usuário não estaria em desconforto por frio com uma taxa metabólica entre 1 met (58,1 W/m²) e 1,3 met (75,5 W/m²). Esta zona de ajuste considera um acréscimo de vestimentas entre 0,5 clo e 1 clo. A Figura 7 mostra o gráfico com os dados de conforto adaptativos utilizados.

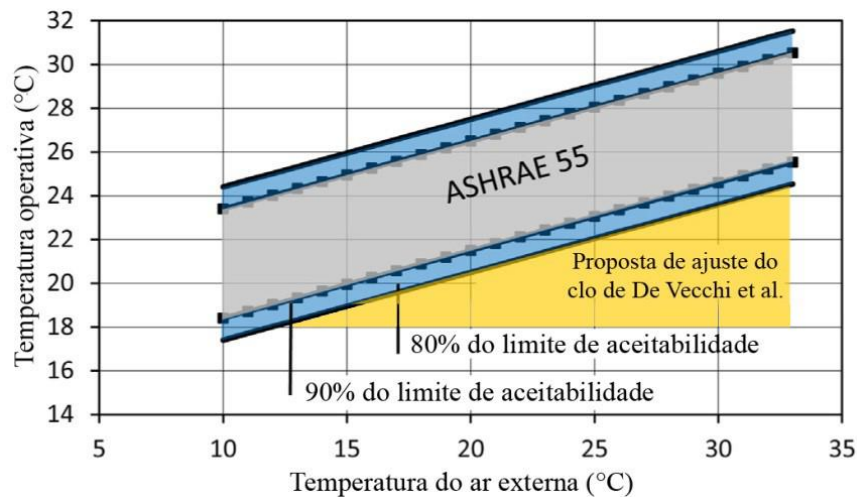


Figura 7 – Gráfico do conforto adaptativo adaptado de De Vecchi et al. (2014).

3.4. Ventilação híbrida

As condições de ventilação foram determinadas a partir do estudo de Sorgato et al. (2016), que considera o gráfico de conforto adaptativo proposto por De Vecchi et al. (2014) e os valores de temperaturas externa e interna para determinar a necessidade de ventilação natural ou condicionamento artificial do ar. A integração dos sistemas de ventilação natural e de condicionamento artificial foi possível através da utilização dos recursos de controles avançados do Energy Management System (EMS). A Figura 8 mostra o esquema de funcionamento da ventilação híbrida.

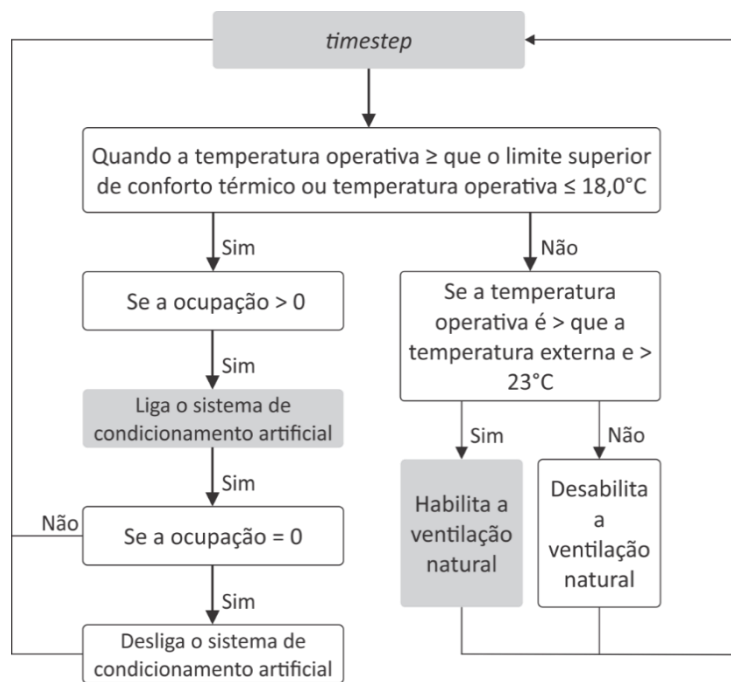


Figura 8 – Figura esquemática do funcionamento da ventilação híbrida.

3.4.1 Ventilação natural

Adotou-se a ventilação seletiva para controlar a abertura das janelas para ventilação natural. Assim, foi estipulado três condições que devem ser atendidas: na primeira condição as janelas são abertas quando a temperatura interna do ambiente é igual ou superior a 23°C ($T_{int} \geq 23 \text{ °C}$), na segunda a temperatura interna do ambiente deve ser maior ou igual à temperatura externa ($T_{int} \geq T_{ext}$) e na terceira a temperatura interna do ambiente deve ser menor que a temperatura do limite superior da condição de conforto térmico ($T_{amb} < T_{con}$). O comportamento de abertura das janelas é o mesmo durante todos os dias da semana. Quanto às portas, definiu-se que a porta interna de um determinado ambiente permaneceria aberta quando a ventilação

natural estivesse ocorrendo. As portas de acesso aos modelos permanecem fechadas. A Figura 9 ilustra o processo de ventilação seletiva.

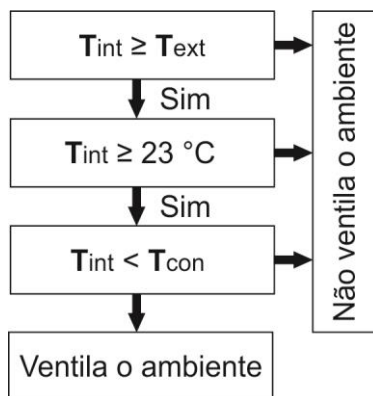


Figura 9 – Figura esquemática do funcionamento da ventilação natural.

3.4.2 Sistema de condicionamento de ar

O funcionamento do sistema de condicionamento de ar também ocorre em situações pré-definidas. Para aquecimento, o sistema entra em funcionamento assim que a temperatura interna atinge valores menores do que 18 °C, enquanto que para o resfriamento o sistema opera de acordo com os limites de aceitabilidade de 90% da ASHRAE 55. Neste caso, quando a temperatura interna operativa está acima da zona de conforto o sistema de resfriamento é acionado. Quando um dos ambientes de permanência prolongada não está sendo ocupado, o sistema de condicionamento de ar é desligado. Definiu-se que a temperatura de termostato de refrigeração seria 24°C e para aquecimento seria de 21°C nas zonas bioclimáticas 1, 2, 3 e 4. Apenas as salas e os dormitórios foram condicionados artificialmente. As portas internas dos ambientes que estão sendo condicionado artificialmente permanecem fechadas. Para este estudo o dormitório só será condicionado artificialmente no período da noite.

4. RESULTADOS

Os resultados mostram o desempenho energético para resfriamento e aquecimento dos ambientes de permanência prolongada das duas tipologias simuladas.

4.1. Consumo de energia da tipologia de 63 m²

As Figuras 10 e 11 mostram os consumos de resfriamento e aquecimento dos ambientes de permanência prolongada da tipologia de 63 m² em Florianópolis, São Paulo e Rio de Janeiro. A Figura 10 apresenta os dados dos modelos com absorvância 0,4 (Rio de Janeiro) e 0,6 (Florianópolis e São Paulo) e transmitância 3,56 W/(m².K), e a Figura 11 os dados dos modelos com absorvância 0,8 e transmitância 2,19 W/(m².K). As colunas representam o consumo dos ambientes de permanência prolongada com os percentuais de abertura (PAVP) escolhidos.

Para todos os modelos analisados, o consumo de energia para resfriamento superou o de aquecimento e os modelos de São Paulo foram os que obtiveram o menor consumo de energia, consumindo entre 16,26% (315 kWh/ano) e 26,29% (451 kWh/ano) menos energia do que os modelos de Florianópolis e entre 12,72% (237 kWh/ano) e 35,87% (535 kWh/ano) menos energia do que os modelos do Rio de Janeiro. Chama a atenção a semelhança dos consumos totais de Florianópolis e Rio de Janeiro para os modelos de absorvância 0,4/0,6 e transmitância 3,56 W/(m².K). Neste caso os modelos de Florianópolis consumiram apenas cerca de 5% mais energia do que os do Rio de Janeiro. O Rio de Janeiro foi o clima que mais consumiu energia para resfriamento, entre 92,12% e 98,37% do total do consumo de energia para todos os modelos. Por outro lado, os modelos desta cidade foram os que consumiram menos energia para aquecimento, chegando a no máximo 7,83% (145 kWh/ano) do consumo total para o modelo de absorvância 0,4, transmitância 3,56 W/(m².K) e percentual de abertura de 30%. Esse fator se deve ao fato de o Rio de Janeiro estar situado na zona bioclimática 8, que é a mais quente.

Nos dormitórios, a escolha dos limites teve um impacto significativo no consumo de energia. Para resfriamento, o consumo de energia foi maior para os limites da NBR 15575 com absorvância 0,8 e transmitância 2,19 W/(m².K). Em todos os casos os modelos que atendiam esse limite consumiram no

mínimo 20,7% (31,0 kWh/ano) mais energia do que os de absorvância 0,4/0,6. Já o consumo de energia para aquecimento foi maior para os limites com absorvância 0,4/0,6 e transmitância 3,56 W/(m².K).

Na sala, a escolha do percentual de abertura (PAVP) foi responsável por uma variação de 6,9% (61,7 kWh/ano) a 93,3% (416,6 kWh/ano) no consumo de energia, fazendo da escolha dos limites de transmitância e capacidade térmica um fator secundário para a variação do consumo de energia para resfriamento. As salas com absorvância 0,8, transmitância 2,19 W/(m².K) e PAVP de 15% foram as que consumiram menos energia para resfriamento. Para as salas com absorvância 0,4/0,6 e transmitância 3,56 W/(m².K) o consumo foi menor com o PAVP de 10%. Os resultados do consumo para aquecimento nas salas foram pouco significativos.

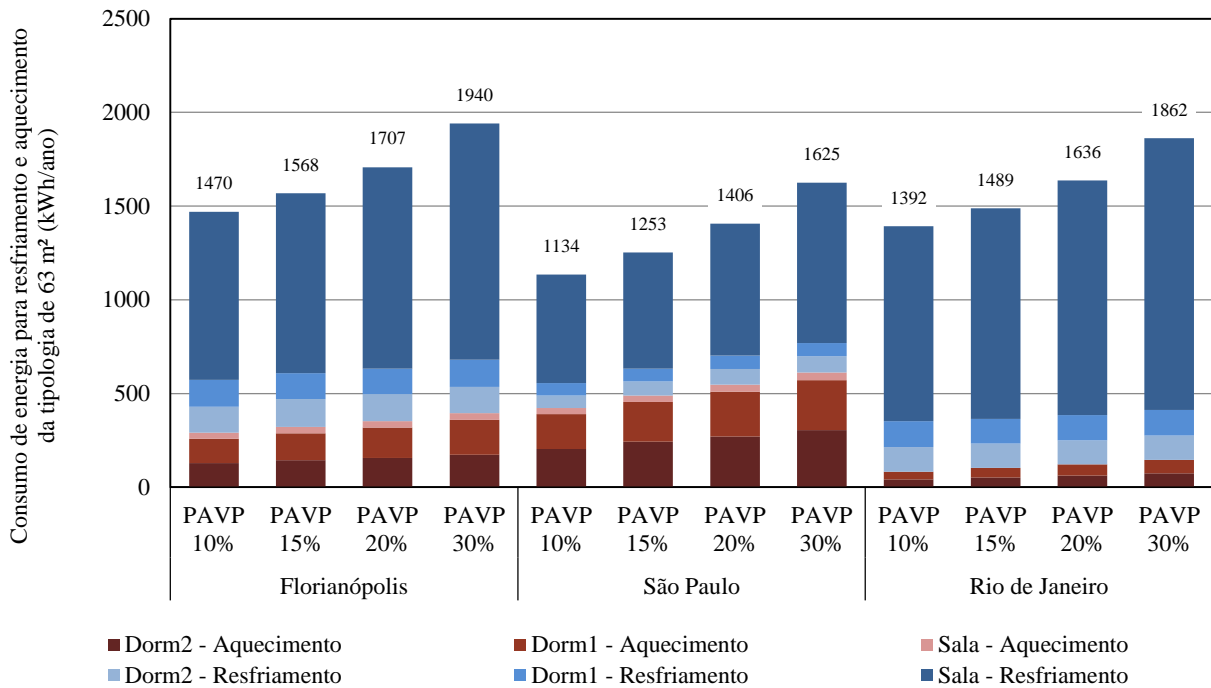


Figura 10 – Consumo de energia da tipologia de 63 m² com absorvância 0,6/0,4 e transmitância 3,56 W/(m².K).

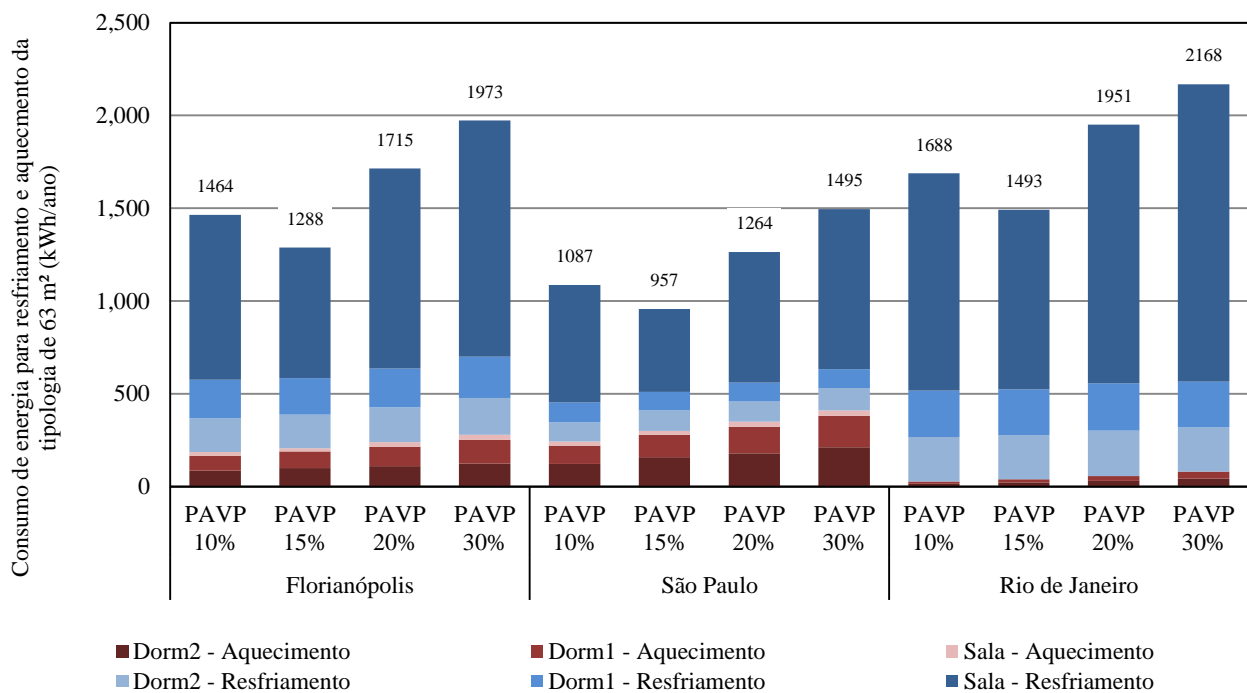


Figura 11 – Consumo de energia da tipologia de 63 m² com absorvância 0,8 e transmitância 2,19 W/(m².K).

4.2. Consumo de energia da tipologia de 150 m²

As Figuras 12 e 13 mostram os consumos de resfriamento e aquecimento dos ambientes de permanência prolongada da tipologia de 150 m² nas três cidades escolhidas. A Figura 12 apresenta os dados dos modelos com absorptância 0,4/0,6 e transmitância 3,56 W/(m².K) e a Figura 13 os dados dos modelos com absorptância 0,8 e transmitância 2,19 W/(m².K).

Na maioria dos casos desta tipologia o consumo de energia para resfriamento superou o de aquecimento. A única exceção ocorreu nos modelos com transmitância 3,56 W/(m².K) e absorptância 0,6 na cidade de São Paulo, onde o consumo de energia para aquecimento corresponde a no mínimo de 53,52% (1045,5 kWh/ano) do consumo total de energia para condicionamento do ar. Para todos os casos dos modelos de absorptância 0,4/0,6 e transmitância 3,56 W/(m².K) o Rio de Janeiro foi responsável pelo menor consumo de energia, já para os modelos de absorptância 0,8 e transmitância 2,19 W/(m².K), os consumos totais das três cidades foram semelhantes. Assim como na tipologia de 63 m², os modelos do Rio de Janeiro foram os que consumiram mais energia para resfriamento, entre 83,86% (988,3 kWh/ano) e 96,43% (1148,3 kWh/ano) do total consumido para a mesma cidade, e menos para aquecimento, entre 3,57% (129,2 kWh/ano) e 16,14% (42,5 kWh/ano) do total consumido.

Nos dormitórios, o consumo de energia para o resfriamento caiu para valores inferiores a 80 kWh/ano em todas as cidades e, como no primeira tipologia, o consumo de energia também foi maior para os limites da NBR 15575 com absorptância 0,8 e transmitância 2,19 W/(m².K). Os resultados do Rio de Janeiro, por exemplo, mostram que para todos os três dormitórios os modelos com absorptância 0,4 e transmitância 3,56 W/(m².K) consumiram menos da metade da energia para o resfriamento do ar que os modelos de absorptância 0,8 e transmitância 2,19 W/(m².K). O comportamento dos gráficos de aquecimento dos dormitórios do primeiro e do segundo modelo são semelhantes, com o aumento do consumo de energia proporcional ao aumento do percentual de abertura e maior consumo de energia nos modelos com absorptância 0,6 e transmitância 3,56 W/(m².K).

O consumo de energia para o resfriamento da sala apresentou uma grande variabilidade com o aumento do percentual de abertura. Para todos os casos o aumento do percentual de abertura significou um crescimento do consumo entre 6,82% (46,23 kWh/ano) e 75,54% (357,18 kWh/ano). Nesta tipologia o consumo de energia para aquecimento das salas também foi pouco expressivo.

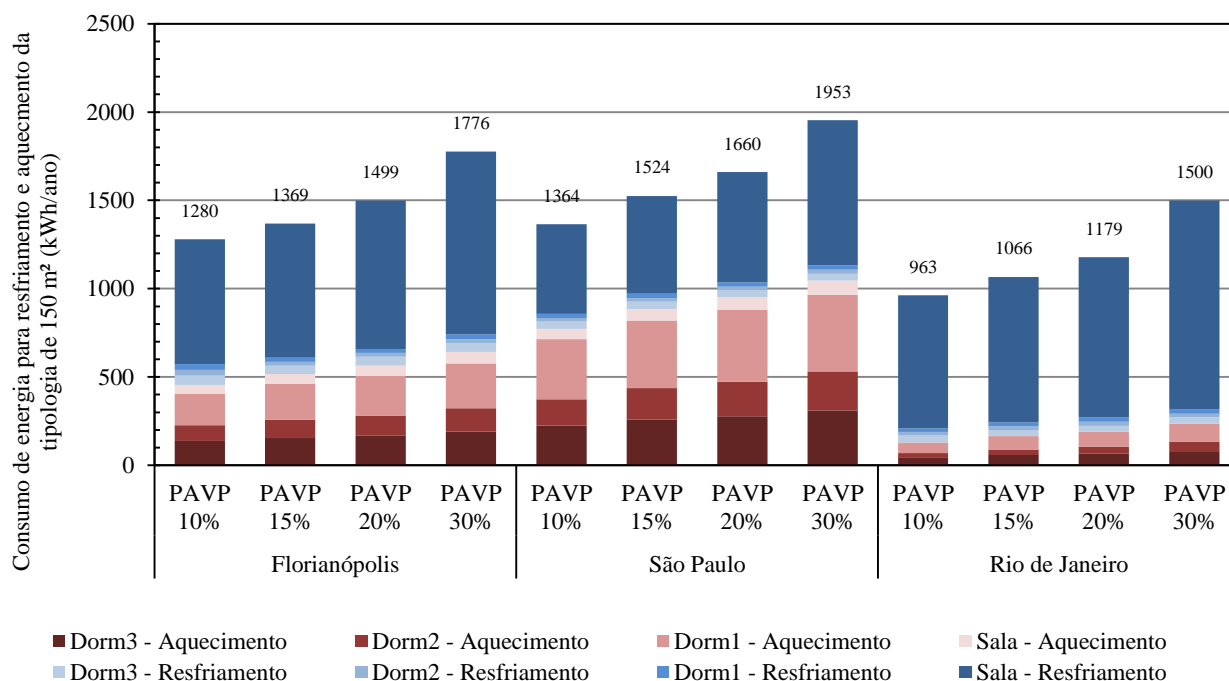


Figura 12 – Consumo de energia do modelo de 150 m² com absorptância 0,6/0,4 e transmitância 3,56 W/(m².K).

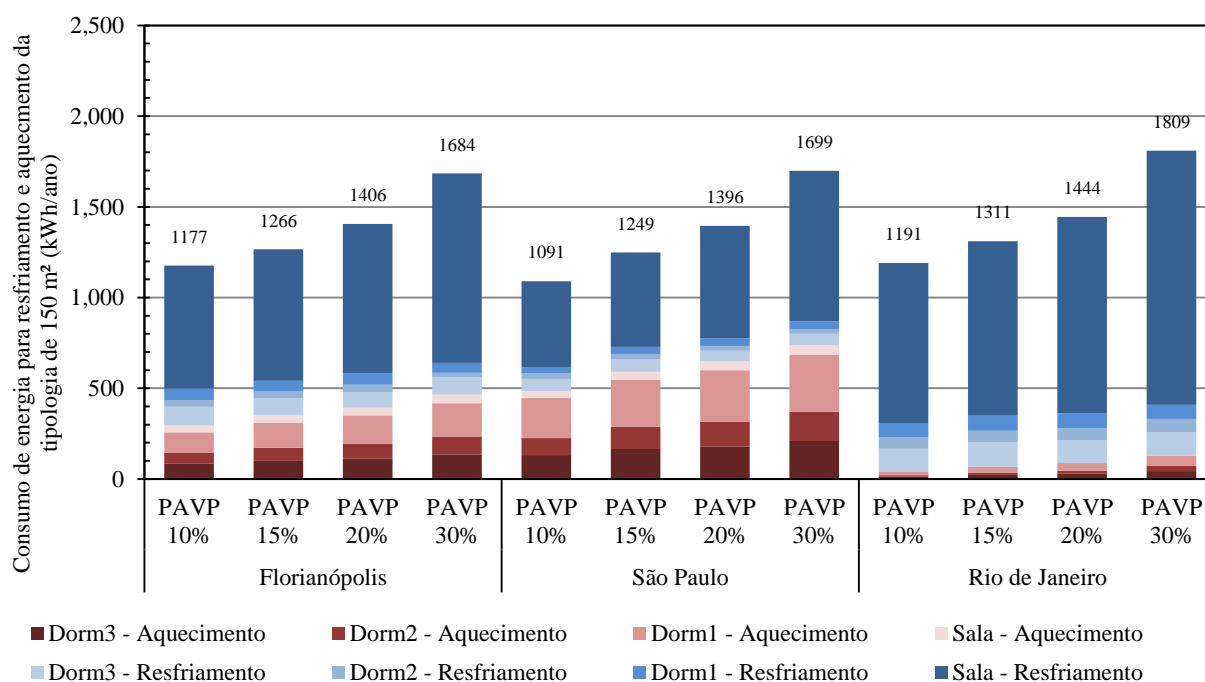


Figura 13 – Consumo de energia do modelo de 150 m² com absorvância 0,8 e transmitância 2,19 W/(m².K).

5. CONCLUSÕES

Este trabalho analisou os consumos de resfriamento e de aquecimento dos ambientes de permanência prolongada de duas tipologias de edificações residenciais unifamiliares que atendiam aos limites das variáveis do método normativo da norma NBR 15575.

Foram adotados diferentes valores de absorvância térmica das paredes e das coberturas e de percentuais de abertura dos ambientes de permanência prolongada. Os dois modelos foram simulados utilizando-se os arquivos climáticos das cidades de Florianópolis, São Paulo e Rio de Janeiro. Essas variáveis geraram 24 modelos distintos.

Observou-se que na maioria dos casos o consumo de energia para o resfriamento das salas e dos dormitórios superou o de aquecimento, sendo que as salas consumiram mais energia para resfriamento do que os dormitórios. Sobre os limites da NBR 15575, percebe-se que eles podem levar a uma variação de consumo maior para o resfriamento dos dormitórios, enquanto que nas salas essa variação tende a ser menor, fazendo da escolha do percentual de abertura o principal fator de alteração do consumo. Também houve uma variação significativa do consumo com a mudança da zona bioclimática, sendo que no clima da cidade do Rio de Janeiro o consumo de energia para o resfriamento foi responsável pela maior parte do consumo total de energia. Para o aquecimento dos dormitórios, o consumo se mostrou suscetível à variações significativas tanto com a escolha de limites distintos quanto com o aumento do PAVP.

Conclui-se que além da escolha dos limites do método normativo da NBR 15575 exercer uma influência significativa no consumo de energia das edificações, a zona bioclimática e a variação do percentual de abertura, que é uma variável desconsiderada pela norma, também exercem uma influência considerável. Como o trabalho considerou o condicionamento artificial dos dormitórios somente no período noturno, esperava-se que o consumo de energia para manter a temperatura de conforto neste ambiente fosse menor do que nas salas.

Apesar das limitações do trabalho, que utilizou apenas duas tipologias com mesma orientação e em duas zonas bioclimáticas distintas, os resultados se mostraram coerentes em todos os ambientes analisados. Assim, objetivo do trabalho foi alcançado satisfatoriamente

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-3**: Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e estratégias de condicionamento térmico passivo para habitações de interesse social. Rio de Janeiro, 2005.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-1**: Desempenho de edificações habitacionais. Rio de Janeiro, 2013.

- _____. **NBR 15575-4**: Edificações habitacionais — Desempenho Parte 4: Sistemas de vedações verticais internas e externas - SVVIE. Rio de Janeiro, 2013
- _____. **NBR 15575-5**: Edificações habitacionais — Desempenho Parte 5: Requisitos para sistemas de coberturas- SVVIE. Rio de Janeiro, 2013
- ASHRAE – AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. **ASHRAE 55-2013**: Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy, ASHRAE. Atlanta, 2013.
- BRASIL – MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. Empresa de Pesquisa Energética. Balanço Energético Nacional 2016. Disponível em: <<https://ben.epe.gov.br/BENRelatorioFinal.aspx?anoColeta=2016&anoFimColeta=2015>>. Acesso em: 22 de Fevereiro de 2017.
- FERREIRA, C. C., PEREIRA, I. M. Avaliação dos impactos da ABNT 15575 no conforto térmico e no consumo de energias nas novas edificações habitacionais brasileiras: XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Maceió. Nov. 2014.
- IBGE – INDICE BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Projeção da população do Brasil e das Unidades da Federação. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/>>. Acesso em: 15 de Fevereiro de 2017.
- LABEEE – LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES. Ajuste dos arquivos climáticos do INMET 2016. Disponível em < <http://www.labee.ufsc.br/downloads/arquivos-climaticos/inmet2016>>. Acesso em: 3 de março de 2017.
- MAZZAFERRO, L., SORGATO, M. J.; MELO, A.P.; LAMBERTS, R. Análise comparativa de modelagens de áticos e zonas subterrâneas no programa EnergyPlus. XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Maceió. Nov. 2014.
- DE VECCHI, R.; SORGATO, M. J; PACHECO, M; LAMBERTS, R. Application of the adaptive model proposed by ASHRAE 55 in the Brazilian climate context: raising some issues. in: 8th Windsor Conference 2014: Counting the Cost If Comfort in a Changing World, Network for Comfort and Energy Use in Buildings, Cumberland Lodge, Windsor Great Park, 2014.
- SILVA, A. S.; SORGATO, M. J.; MAZZAFERRO, L.; MELO, A. P.; GHISI, E. Incerteza do método de simulação da NBR 15575-1 para a avaliação do desempenho térmico de habitações. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 14, n. 4, p. 103-117, out./dez. 2014.
- SORGATO, M. J. A influência do comportamento do usuário no desempenho térmico de edificações residenciais. 2015. 258f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2015.
- SORGATO, M. J.; MELO, A.P.; MARINOSKI, D. L.; LAMBERTS, R. . Análise do procedimento de simulação da NBR 15575 para a avaliação do desempenho térmico das edificações residenciais. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 14, n. 4, p. 83-101, out./dez. 2014.
- SORGATO, M. J.; MELO, A.P.; LAMBERTS, R. . The effect of window opening ventilation control on residential building energy consumption. Energy and Buildings, v. 133, p. 1-13, 2016.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à ELETROBRAS/PROCEL e à CAPES pelos recursos financeiros aplicados no financiamento do projeto.