



EFETIVIDADE DAS ESTRATÉGIAS PARA O CONFORTO CLIMÁTICO NA ARQUITETURA MODERNA RESIDENCIAL

Thiago Borges Mendes (1); Ana Mirthes Hackenberg (2)

(1) Arquiteto e Urbanista, Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil,
tborgesmendes@gmail.com Joinville, SC, (47) 99108.1008

(2) PhD, Professora do Departamento de Engenharia Civil, ana.hackenberg@udesc.br
Universidade do Estado de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Civil
(47) 99935.4412

RESUMO

As questões sobre o conforto térmico em edificações no período moderno da arquitetura incrementaram, significativamente, a discussão acerca da influência das características específicas do território nas construções. E, o aprimoramento de alguns recursos construtivos, assim como, o aporte de outros, constituíram outros vieses determinantes para a consolidação da produção destas décadas. Assim, este estudo de caso propõe a avaliação do conforto térmico de uma residência moderna, em Joinville, segundo a metodologia de etiquetagem para as construções PROCEL EDIFICA. Analisaram-se, então, pelo método prescritivo, as características das envoltórias – cobertura, paredes e aberturas – nas áreas de permanência prolongada, com o intuito de verificar a efetividade destes quesitos para o conforto térmico através do resfriamento passivo. Os resultados encontrados, segundo o diagnóstico do estado atual da residência, classificaram os ambientes voltados ao oeste com etiquetas D e E, evidenciando a baixa eficiência dos sombreamentos resultantes dos beirais. Para os cinco ambientes orientados ao norte, com exceção de um, os demais recebem etiqueta A. Verificou-se, portanto, que nos ambientes orientados ao oeste, a utilização de venezianas e a substituição por uma cobertura com propriedades térmicas mais adequadas, garantiriam o conforto térmico (etiqueta A). Nos ambientes orientados ao norte, o conforto térmico seria obtido com simples substituição da envoltória da cobertura. Concluiu-se, assim, que a cobertura de fibrocimento, um elemento recorrente do ideário modernista, pudesse não ter sua responsabilidade reconhecida no aumento da temperatura interna nas edificações naquele período.

Palavras-chave: conforto térmico, estratégias construtivas, arquitetura moderna

ABSTRACT

The questions about the thermal comfort in buildings in the modern period of the architecture significantly increased the discussion about the influence of the specific characteristics of the territory in the constructions. And, the improvement of some constructive resources, as well as the contribution of others, constituted other biases determinant for the consolidation of the production of these decades. Thus, this case study proposes the evaluation of the thermal comfort of a modern residence, in Joinville, according to the labeling methodology for the PROCEL BUILDINGS. The characteristics of enclosures, walls and openings were then analyzed by the prescriptive method in the areas of prolonged residence, in order to verify the effectiveness of these requirements for thermal comfort through passive cooling. The results found, according to the diagnosis of the current state of the residence, classified the environments facing the west with labels D and E, evidencing the low efficiency of the shadows resulting from the eaves. For the five north-facing environments, with the exception of one, the others are labeled A. It was therefore found that in western-oriented environments, the use of venetian blinds and the replacement of a roof with more adequate thermal properties would ensure the Thermal comfort (label A). In the north oriented environments, thermal comfort would be obtained by simply replacing the cover envelope. It was concluded, therefore, that fiber cement roofing, a recurrent element of the modernist ideology, might not have its responsibility recognized in the increase of the internal temperature in the buildings in that period.

Keywords: thermal comfort, constructive strategies, modern architecture

1. INTRODUÇÃO

O avanço dos mecanismos tecnológicos e processos construtivos atuais têm, progressivamente, sido orientados aos temas da sustentabilidade; um feito, que atento às necessidades do meio ambiente, representa o claro objetivo de minimizar as consequências climáticas provenientes das interferências humanas no habitat. No âmbito da construção civil, para citar um exemplo, são gerados 500kg/hab de resíduos ao ano (CAIXA, 2010). E, evidentemente, nos países em desenvolvimento, tais questões costumam agravar-se.

Na questão energética, há que considerar, ainda, que o setor industrial e o setor de transportes, os maiores consumidores, tenham correspondido respectivamente a 32,5% e 32,2% do consumo nacional em 2015, o setor residencial, responsável pelo consumo de 9,6%, mais o consumo total do setor de serviços (4,8%) correspondeu a 14,4% do consumo total de energia. (EPE, 2016). Deve-se considerar, também, que neste mesmo período a oferta de energia, devido às condições hidrológicas desfavoráveis, sofreu redução de 1,3% em relação ao ano de 2014, resultando em 8,4TWh (EPE, 2016).

De acordo com Kimura (1994), é necessário considerar como as pessoas podem viver e trabalhar em um ambiente ideal com o mínimo de consumo de energia na época dos problemas no meio-ambiente. Podemos imaginar uma similaridade na necessidade de energia entre o passado e o futuro. Somente no período atual o combustível fóssil é abundante e usado de modo que a energia é gasta para a destruição de elementos nas quais o homem fez no passado, com certa quantidade de energia.

Porém, no âmbito do conforto térmico de moradias, ao considerarmos a atenção do homem ao território e à geografia desde as primeiras aglomerações humanas, as questões climáticas já eram consideradas desde os primeiros assentamentos, demonstradas nas construções agrupadas e adjacentes, na antiga Anatólia. Estes agrupamentos eram formados por pequenas habitações justapostas, separadas por pequenos pátios e acessíveis pela cobertura (FAZIO, MOFFETT, WODEHOUSE, 2009).

Entretanto, a disposição de recursos e materiais propiciados pelo avanço tecnológico na construção civil e o pressuposto câmbio que incutiram no processo do projeto de uma edificação, podem, por um lado ter surgido devido ao reconhecimento das condições climáticas atuais e, por outro lado, como medidas compensatórias para escolhas que se antepõem às antigas práticas para o conforto térmico. Deste modo, as condicionantes climáticas são problematizadas e elevadas a um nível no qual suas soluções requerem, igualmente, mecanismos construtivos mais complexos.

Trata-se de um gênero recente; é suficiente reparar na “pelagem” dos edifícios emblemáticos, integrado por notórios casos de desperdício, em algumas situações apresentados como sustentáveis (PINÓN, 2006). De acordo com Díaz (2016), atualmente, a construção convencional utiliza materiais altamente complexos, transformados e especializados para funções específicas. A seleção comercial é vasta e frequentemente confusa. Ainda, o discurso sobre a tecnologia das construções verdes virtualmente desconsidera a necessidade de um exaustivo tratamento dos materiais básicos.

Neste contexto, as estratégias mitigadoras e desmembram-se em distintos vieses - o aproveitamento de águas pluviais, a eficiência energética, materiais reaproveitáveis, entre outros.

Sem embargo, algumas questões diacrônicas já permeavam, desde o século XX, a atenção de arquitetos e engenheiros, como a ventilação cruzada e proteções à incidência solar. Pois, como ressalta Lamberts et al. (1997), a rápida evolução tecnológica pós-Revolução Industrial incutiu desenvolvimentos em distintos setores da construção: nos sistemas estruturais, na produção do vidro e no advento da energia elétrica. Deste modo, o apoio sobre os avançados recursos tecnológicos substituíram os mecanismos recorrentes utilizados pelo arquiteto ao considerar a questão climática territorial e a qualidade térmica no interior das construções.

Para Bruand (2008), a adoção, da arquitetura moderna (international style) em países latino-americanos propiciou o surgimento de novos elementos construtivos e combinações estratégicas em projetos – como o brise-soleil e cobogó -, adjudicados ao clima específico dos trópicos

Ainda que para Ruiz (2016), o entendimento de questões térmicas no modernismo não deva ser analisado pelo ponto de vista atual de eficiência energética ou sustentabilidade; para Iommi (2015), a utilização destas ferramentas sobre a arquitetura do passado, permite descobrir aspectos desconhecidos ou performances, adicionando nova informação ou evidenciando algumas condições, que não são

facilmente detectáveis. Esta contribuição poderia ser considerada o primeiro passo para desenvolver um método de estudo e avaliação de outros exemplos de arquitetura do passado.

Convém ainda, considerar que estes mecanismos de projeto apoiavam-se sobre cartas solares, máscaras de sombreamento, diagramas dos ventos e cartas bioclimáticas desenvolvidas inicialmente em 1963 por Olgyay, reconhecidamente recursos efetivos, porém restritos quando comparados ao domínio teórico e prático atuais. E, apesar de pouco evidente a utilização de dados climáticos (temperatura) no projeto deste estudo, aclara-se que, na cidade de Joinville, a coleta destas medições teve início apenas em 1996, e determinadamente, reconhece-se, a reduzida confiabilidade dos dados devido às lacunas ocorridas em suas medições, e também devido à variação entre os agentes responsáveis pelos registros (GRÜNBERG et al., 2013).

É, portanto, a dualidade estabelecida entre as práticas construtivas das décadas de 1920 a 1960 e as posteriores evoluções analíticas, que conduziram o objeto deste estudo a adotar os procedimentos elaborados pelo selo Programa Nacional de Etiquetagem de Edificações - PROCEL EDIFICA. Este programa foi criado devido ao contexto mundial pela redução dos danos ao meio ambiente, e na esfera nacional, como uma estratégia ante à crise no abastecimento de energia elétrica em 2001 (

2. OBJETIVO

O propósito deste artigo é avaliar a efetividade das envoltórias pelo método prescritivo do RTQ-R, e dos recursos construtivos utilizados como estratégias para o conforto térmico e o resfriamento passivo em uma residência pertencente ao período moderno da arquitetura na cidade de Joinville.

3. MÉTODO

Os procedimentos adotados neste estudo apoiam-se na metodologia do Programa Brasileiro de Edificações – PBE Edifica, desenvolvido por ELETROBRAS, UFSC, C3BE, LABEEE e Inmetro.

Para tal, o conforto térmico desta residência é avaliado sob os parâmetros formulados pelo Regulamento Técnico de Qualidade para Edificações Residenciais (RTQ-R), segundo o método prescritivo (ELETROBRAS, 2013), e a manipulação da respectiva planilha. Neste método, o desempenho térmico da envoltória da UH é determinado pelo seu equivalente numérico (EqNumEnv), definido através das equações de regressão múltipla para unidades habitacionais autônomas, de acordo com a Zona Bioclimática 5, na qual a edificação está localizada. Obtém-se, deste modo, os conceitos finais que classificam a residência em cinco etiquetas: A, B, C, D e E.

As proteções solares são analisadas pelo programa de simulação SOL-AR, desenvolvido pelo Laboratório de Eficiência Energética (LABEEE, 201-?), onde se obtém por meio do transferidor de ângulos de incidência solar - α , β e γ - os períodos de sombreamento e de penetração direta do sol nos ambientes.

Posteriormente, os índices encontrados no estudo desta residência (UH) são contrapostos aos pré-requisitos estabelecidos no RTQ-R de modo a aclarar a possível efetividade das estratégias construtivas adotadas no objeto deste estudo. Assim, foram considerados os seguintes pré-requisitos da envoltória segundo a planilha de cálculo de desempenho da UH: Iluminação natural, ventilação natural, ventilação cruzada, trocas térmicas nas aberturas, trocas térmicas pela cobertura, trocas térmicas em fechamentos opacos e trocas térmicas em aberturas.

3.1. Premissas informativas

Toma-se como estudo de caso uma residência do período moderno na cidade de Joinville, projetada em 1976 e concebida, em dois pavimentos, pelo arquiteto Luis Napoleão Carias de Oliveira; e sua relevância, deve-se, sobretudo, às estratégias adotadas para o conforto térmico: beirais, pérgolas e quebra-sóis.

A Figura 1 apresenta a cópia do projeto original – prancha 01 - apresentado e aprovado, em 1977, na Prefeitura de Joinville pela Secretaria de Planejamento e Coordenação, e também aprovado no Centro de Saúde de Joinville (CSJ). Segundo Ruiz (2016), nas décadas centrais do século XX, a acessibilidade da

luz natural era o símbolo de saúde e da atmosfera moderna para a maioria dos projetos residências. Tal entendimento pode responder pela necessidade, neste período, de aprovação pelo CSJ.

Os ambientes são organizados segundo setores bem definidos, e suas disposições evidenciam a relevância das orientações e do movimento aparente do sol em suas distribuições: o setor íntimo está localizado na parte superior direita (dormitórios, banheiros e sala de tv); o social na parte inferior esquerda (sala de estar e sala de jantar), o semi-íntimo (biblioteca/escritório) na parte superior esquerda, e o setor de serviço na parte central inferior.

A residência possui um beiral de 1,05m, adotado em toda a residência, entretanto, em alguns ambientes, o beiral é transformado em pérgola ou quebra-sol, assumindo uma largura de 1,92m, nos ambientes: biblioteca, sala de estar/jantar e sala de tv.

A Figura 2 compete à prancha 03 do projeto aprovado e contém três cortes dos cinco existentes, AA, BB, CC. Ainda nesta prancha, é possível observar a projeção das vigas e beirais.

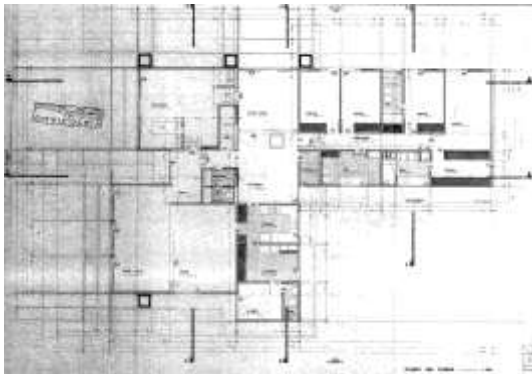


Figura 1 – Plano do pavimento térreo.

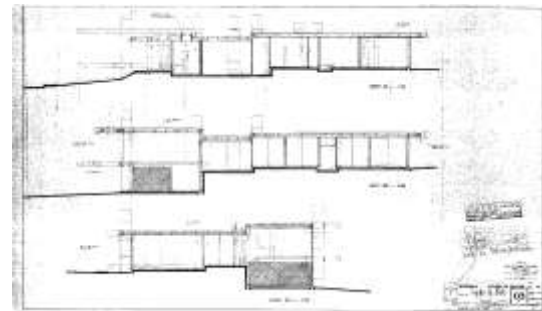


Figura 2 – Cortes AA, BB e CC.

A Figura 3 evidencia a utilização da pérgola como proteção à insolação direta na face oeste da residência. O volume apresentado à esquerda compete à biblioteca, enquanto o volume à direita compete à sala de jantar. Ainda, a distribuição dos setores em quatro níveis pode ser observada, parcialmente, na distinção da altura dos volumes em relação ao terreno. Na Figura 4, vê-se o prolongamento das vigas laterais, paralelas à edificação, coincidindo com a largura do beiral adotado na maior parte do perímetro da cobertura. O prolongamento das vigas nas laterais da fachada, na Figura 5, paralela ao plano da rua, conforma a largura do beiral existente em todo o restante do perímetro.



Figura 3 – Face oeste da residência (LARRY, 2015).



Figura 4 – Abertura da sala de jantar, face oeste (LARRY, 2015).



Figura 5 – Abertura da sala de jantar, face oeste e sul (LARRY, 2015).

De acordo com ELETROBRAS (2012b), O RTQ-R estabelece quatro fatores determinantes na avaliação de eficiência energética de uma edificação, dois constituem uma abordagem inicial como: região geográfica e zona bioclimática, e os dois restantes abordam questões específicas da edificação, como: a envoltória e o sistema de aquecimento de água – não considerado neste estudo.

Segundo a norma de desempenho térmico de edificações 02.135.07-001/3 (ABNT, 2004), a cidade de Joinville está localizada na Zona Bioclimática 5. Deste modo, recomendam-se as algumas estratégias construtivas às edificações: aberturas médias para ventilação, sombreamento das aberturas, parede leve refletora (vedação externa) e cobertura leve e isolada. Quanto às estratégias de condicionamento térmico passivo, a norma recomenda ventilação cruzada para o verão e vedações internas pesadas para o inverno. Neste estudo são considerados apenas os ambientes de permanência ou uso prolongado, denominados APP. De acordo com a figura a seguir, os ambientes destacados são: os dormitórios, biblioteca, sala de tv/refeições, e sala de estar/jantar. Convém aclarar que dois ambientes, a priori não considerados APP, são incluídos neste estudo por estarem diretamente vinculados, e sem obstruções, à APP adjacente – refeições (copa) e sala de jantar (Figura 6).



Figura 6 – Áreas de permanência prolongada (APP).

3.2. Proteção solar e sombreamento

Além dos mecanismos adotados na residência, como os beirais e pérgolas, os dormitórios possuem também venezianas de madeira como um terceiro recurso para a proteção solar. Nos demais ambientes, que recorrem às pérgolas, utilizam-se cortinas como o terceiro elemento para a proteção solar.

A sala de tv/refeições, que está orientada ao norte, possui duas pérgolas, gerando deste modo, quatro coeficientes de inclinação alfa: α^1 e α^{11} , adotados para a pérgola mais distante da fachada, enquanto α^2 e α^{22} competem à viga mais próxima da abertura. Os dois volumes situados nas extremidades da porta-janela

geram dois ângulos denominados beta, que correspondem a β^1 esquerda e β^1 direita. Assim, os resultados obtidos, conforme a máscara de sombreamento aponta que, no verão, o sombreamento é constante-considerando as aberturas sem qualquer proteção- e, que durante o inverno a incidência solar no ambiente é constante.

Como aclarado anteriormente, os dormitórios estão orientados ao norte e com a exceção da APP (D04), os demais contam apenas com o beiral como fator significativo no resultado do período de sombreamento. Deste modo, os dormitórios D01, D02 e D03 possuem apenas um coeficiente para α , não apresentam valores para β e, devido ao elemento vertical adjacente à sala de tv, apenas D04 apresenta valores para o ângulo β . As projeções laterais da marquise geram ângulos γ distintos, conforme é demonstrado na Tabela 1. Os períodos de sombreamento para estas APP específicas geraram os seguintes períodos de sombreamento: D01 entre 10:00 e 14:00h, D02 entre 09:40 e 14:20h, D03 entre 9:30 e 13:00h, D04 entre 09:40 e 12:30h. Durante o inverno estas APP recebem a incidência solar constantemente.

As máscaras de sombra dos ambientes orientados ao oeste- biblioteca e sala de estar/jantar apontaram a efetividade dos beirais até as 15h (durante o verão) e até as 14h (durante o inverno).

Tabela 1 – Ângulos de referência interna

D 01		D 02		D03		D 04		SALA ESTAR JANTAR		SALA TV REFEIÇÕES		BIBLIOTECA	
A	G	A	G	A	G	A	G	A	G	A	G	A	G
α	26°	A	26°	α	26°		26°	α	-	α^1 sup viga 1	35°	α	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	α^{11} inf viga 1	41°	-	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	α^2 sup viga 2	21°	-	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	α^{22} inf viga 2	26°	-	
β^1 esq	-	β^1 esq	-	β^1 esq	6°	-	34°	β^1 esq	-	β^1 esq	16°	β^1 esq	
β^1 dir	-	β^1 dir	-	β^1 dir	-	-	-	β^1 dir	-	β^1 dir	16°	β^1 dir	
γ^1 dir	47°	γ^1 dir	67°	γ^1 dir	76°	-	78°	γ^1 dir	-	γ^1 dir	0°	γ^1 dir	
γ^2 esq	74°	γ^2 esq	66°	γ^2 esq	37°	-	12°	γ^2 esq	-	γ^2 esq	0°	γ^2 esq	

3.3. Trocas térmicas em superfícies opacas

Devido à ausência dos planos do projeto executivo desta residência, considerou-se o processo construtivo habitual na época a qual pertence a residência., são eles: blocos cerâmicos de 6 furos e argamassa interna e externa, totalizando paredes com espessura total de 15cm. Desconsiderou-se qualquer tipo de fechamento ou revestimento interno do tipo leve, industrializado, como: steel frame, dry wall ou chapas de cimento, assim como isolantes térmicos. Assim, segundo o Anexo Geral V (PROCEL EDIFICA, 2012a) as propriedades térmicas encontradas para a composição destes elementos, são: α : 0,37; U: 2,46 [W/(m².K)] e Ct: 150 [kJ/(m².K)].

Quando contrapostos aos pré-requisitos definidos segundo (PROCEL EDIFICA, 2012a), para o valor de α , igual ou superior a 0,6 corresponde uma transmitância térmica igual ou menor que 3,70[W/(m².K)] e a uma capacidade térmica igual ou maior que 130[kJ/(m².K)].

3.4. Trocas térmicas na cobertura

A ausência da representação gráfica ou especificação textual sobre a aplicação de forros ou mantas térmicas resultou na consideração de soluções construtivas definidas apenas pelas informações contidas no projeto apresentado para aprovação. Isto é, foram considerados como materiais: telha ondulada de fibrocimento com inclinação de 5% e laje maciça com espessura de 10cm. Para esta combinação construtiva foram encontrados os coeficientes a seguir: α : 0,74; U: 2,06 [W/(m².K)] e Ct: 168 [kJ/m².K].

Entretanto, o pré-requisito estipulado pelo RTQ-R define que para absorvância superior ou igual a 0,6, a cobertura deverá apresentar transmitância térmica igual ou inferior a 1,50 [W/(m².K)].

3.5. Trocas térmicas em aberturas

A relação entre a radiação solar retida nas superfícies opacas ou translúcidas (em aberturas) e a radiação solar que penetra no ambiente é denominada pelo termo Fator Solar (FS). O incremento tecnológico permite, atualmente, o aporte de dados específicos pelos próprios fabricantes, entretanto, consideram-se, a título de análise do conforto térmico, os índices e coeficientes estabelecidos em 1993 pela American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHARE).

Como ressaltado anteriormente, nos dormitórios constata-se a presença de venezianas de madeira, enquanto nos ambientes ditos sociais, empregaram-se cortinas semi-translúcidas e películas reflexivas. Ademais, os vidros são definidos com espessura de 6mm. Têm-se, assim os seguintes valores: 0,19 para venezianas, 0,83 para os vidros dos dormitórios, 0,40 para as cortinas e 0,50 para as películas das áreas sociais.

3.6. Iluminação natural

As aberturas existentes para a iluminação natural nos dormitórios estão, exclusivamente, orientadas ao norte, enquanto a iluminação natural na biblioteca tem acesso pela orientação oeste, e na sala de estar/jantar, uma ampla abertura é orientada ao oeste e uma secundária – menor – orientada ao sul. A sala de tv/refeições possui além da principal abertura, orientada ao norte, uma segunda abertura orientada ao leste.

A relação entre as áreas de aberturas para iluminação natural, área útil dos ambientes, o percentual mínimo exigido – como pré-requisito – e o resultado percentual de eficiência, encontrados são demonstrados na Tabela 2.

Onde:

APP é o ambiente de permanência prolongada;

ATIN é a área total de iluminação natural [m²];

AUamb é a área útil do ambiente [m²];

Amin é a área mínima necessária de iluminação natural [m²];

A é o resultado da relação entre a soma das aberturas e a área útil do ambiente [%];

E é a relação entre o índice do pré-requisito e índice existente no ambiente [%].

Tabela 2 – Percentual das áreas de iluminação natural

APP	AUamb	ATIN	Amin	A	E
D 01	18.48	3.9	2.31	21.10	168.80
D 02	11.48	3.38	1.43	29.44	236.36
D 03	11.48	3.38	1.43	29.44	236.36
D 04	11.48	3.38	1.43	29.44	236.36
BIBLIOTECA	34.59	11.43	4.32	33.04	264.58
SALA ESTAR/JANTAR	58.52	24.29	7.31	41.50	332.28
SALA TV/REFEIÇÕES	41.28	15.50	5.16	37.54	300.38

3.7. Avaliação da ventilação natural

A relação, mínima, entre aberturas e a área útil do ambiente é definida pela Equação 1 (PROCEL EDIFICA et al. 2012c).

$$A = 100 \times (A_v \div AU_{amb}) \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

APP é o ambiente de permanência prolongada;

AUamb é a área útil do ambiente [m²];

A_v é a área de ventilação natural [m²];

Amin é a área mínima necessária para a ventilação natural [m²];

A é a relação encontrada [%];

E é a relação entre o índice do pré-requisito e índice existente no ambiente [%].

Tabela 3 – Percentual de áreas para ventilação em relação à área útil do ambiente.

APP	AUamb	A _v	Amin	A	E
D 01	18.48	4.32	1.47	23.37	292.12
D 02	11.48	3.78	0.91	32.92	411.50

D 03	11.48	3.78	0.91	32.92	411.50
D 04	11.48	3.78	0.91	32.92	411.50
BIBLIOTECA	34.59	7.21	2.76	20.84	260.50
SALA ESTAR/JANTAR	58.52	12.46	4.68	21.29	266.12
SALA DE TV/REFEIÇÕES	41.28	7.36	3.30	17.82	353.25

3.7. Avaliação da ventilação cruzada

Segundo o RTQ-R (PROCEL EDIFICA et al. 2012c), as portas internas dos ambientes podem ser consideradas no cálculo para estabelecer sua eficiência. Entretanto, a efetiva ventilação cruzada é resultado de aberturas em paredes externas distintas de modo que conduzam, diagonalmente, a circulação do vento.

$$A2 / A1 \geq 0,25 \quad \text{Equação 2}$$

Onde:

A2 é o somatório das áreas efetivas de aberturas para ventilação localizadas nas fachadas da orientação com maior área de abertura para ventilação [m²];

A1 é o somatório das áreas efetivas de aberturas para ventilação localizadas nas fachadas das demais orientações [m²];

P é a proporção entre as aberturas;

E é a relação entre o índice do pré-requisito e índice existente no ambiente [%].

Tabela 4 – Ventilação cruzada mínima *versus* ventilação existente na residência.

APP	A2	A1	P	E
D 01	4.32	5.35	0.81	324
D 02	3.78	2.38	1.59	636
D 03	3.78	2.38	1.59	636
D 04	3.78	2.38	1.59	636
BIBLIOTECA	7.21	5.82	0.98	392
SALA ESTAR/JANTAR	12.46	5.9	2.11	844
SALA DE TV/REFEIÇÕES	5.59	3.54	1.57	628

4. RESULTADOS

Estes ambientes analisados, segundo as questões pontuais definidas neste artigo, aportaram resultados superiores aos valores mínimos recomendados pelo RTQ-R. Nos dormitórios, a iluminação natural, em seu menor índice, superou em uma vez e meia o mínimo recomendado, no D01, 168,80%. Nos demais ambientes, o menor índice encontrado superou em mais de duas vezes o valor definido como pré-requisito (235,52%). A Figura 7 apresenta os resultados obtidos nos ambientes em relação ao mínimo recomendado pela RTQ-R de 12.5%, representado pela linha horizontal vermelha.

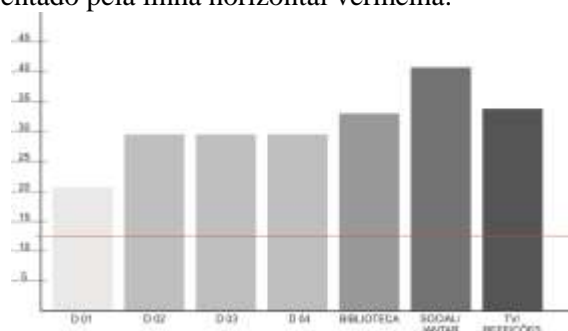


Figura 7 – Relação entre as áreas de iluminação natural.

Quanto à ventilação natural, a biblioteca, demonstra o menor índice encontrado, entretanto, este supera em mais de duas vezes a recomendação do RTQ-R, 260,50%. Não obstante, os dormitórios D02, D03 e D04 apresentam um índice quatro vezes (411,50%) superior, ao pré-requisito. A Figura 8 confronta a proporção de ventilação encontrada nos ambientes da residência e o mínimo definido como pré-requisito (8%) pelo RTQ-R. A linha horizontal representa o valor mínimo ideal.

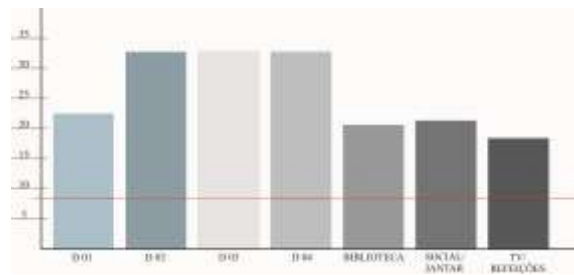


Figura 8 – Percentual das áreas de ventilação natural.

A análise da ventilação cruzada apresentou os menores índices na APP D01, ainda que superando em três vezes a recomendação mínima (324%). A sala de estar/jantar apresentou uma efetividade de (844%), fundamentalmente, por ser o único ambiente a ter aberturas externas em envoltórias distintas e opostas.

Entretanto, os dados levantados aqui, e manejados na planilha RTQ-R, apresentam um panorama mais complexo da obra segundo o contexto do projeto. E ao considerar relações diretas e intrínsecas entre as características e informações do projeto, obtiveram-se para o estado atual as avaliações abaixo.

Onde:

GHR é o indicador de graus-hora para resfriamento [°C.h];

CR é o consumo relativo para a refrigeração [kW/m³.ano].

Tabela 5 – Ventilação cruzada mínima *versus* ventilação existente na residência.

	D 01	D 02	D03	D 04	SALA ESTAR JANTAR	SALA TV REFEIÇÕES	BIBLIOTECA
GHR	B	A	A	A	E	A	D
CR	B	C	C	C	-	-	-

As soluções construtivas encontradas para a obtenção da etiqueta “A” nos dois indicadores- já citados -consideraram as menores intervenções possíveis. Para GHR, as alterações corresponderam à substituição da cobertura (transferências) e alterações em algumas aberturas (ventilação e iluminação), significando ora exclusão, ora criação em paredes externas distintas. Assim, para a cobertura, segundo o Anexo V (ELETROBRAS, 2012), encontrou-se a descrição n. 18, constituída por: laje maciça (10cm), câmara de ar (> 5,0cm), telha metálica (0,1cm), poliuretano (4,0cm) e telha metálica (0,1cm). Este conjunto apresenta as seguintes propriedades térmicas: $\alpha= 0,11$; $U=0,55$ [W/(m².K)]; $Ct= 230$ [kJ/m².K]. Ademais, alterações testadas, exclusivamente, nas envoltórias não apresentaram variação na etiquetagem.

No âmbito da ventilação e iluminação, para o logro da etiqueta A, foram necessárias alterações em apenas duas APP: biblioteca e sala de estar/jantar. Na biblioteca, a abertura orientada a oeste foi reduzida ao mínimo sugerido pelo RTQ-R (4,32m²), e criou-se uma segunda abertura, ainda que de área reduzida (0,50m²) na face norte. Na sala de estar/jantar, as aberturas orientadas ao oeste foram excluídas, a abertura orientada a sul foi mantida e uma abertura orientada ao norte foi criada (2,00m²).

5. CONCLUSÕES

O panorama resultante das informações, aqui avaliadas, identificou as questões construtivas responsáveis pelo incremento da temperatura nos ambientes de permanência desta residência- restritas à cobertura e às amplas aberturas orientadas ao oeste. As etiquetas (“A” e “B”) encontradas nas APP voltadas para o norte, e as etiquetas (“D” e “E”) das APP voltadas para o oeste demonstraram uma menor relevância da cobertura ante a dimensão das esquadrias adotadas na biblioteca e na sala de estar/jantar.

O estudo concluiu, então, que os beirais utilizados na face oeste não foram eficientes no sombreamento de suas amplas aberturas, permitindo a incidência solar a partir de 15:40. Verificou-se também que a inserção de novas aberturas em paredes distintas nos ambientes orientados ao oeste, auxiliaria a obtenção da Etiqueta A. A instalação de venezianas nas aberturas orientadas ao oeste mostrou-se como a intervenção mínima e fundamental para assegurar o conforto térmico.

Finalmente, a substituição ou alteração de poucos elementos permitiu verificar a ineficiência, neste contexto, de alguns materiais tão recorrentes no léxico formal da arquitetura moderna, como a cobertura de fibrocimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT. **Desempenho térmico de edificações Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social**. Rio de Janeiro, 2004.
- ADDIS, B. **Edificação: 500 anos de projeto, engenharia e construção**. Porto Alegre : Bookman, 2009.
- ALVES, André Felipe Moura; PEDRINI, Aldomar; LIMA, Glênio Leilson Ferreira. Eficiência Energética de Edificações na Zona Bioclimática 08: Diretrizes de projeto a partir do método prescritivo do RTQ-R. In: ENCONTRO NACIONAL DA TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 14, 2012, Juiz de Fora – MG. **Anais...** Juiz de Fora. 2012
- CAIXA. **Boas práticas para habitação mais sustentável** / coordenadores Vanderley Moacir John, Racine Tadeu Araújo Prado. São Paulo : Página & Letras, 2010.
- DÍAZ, María-Jesús; NAVARRO, Justo García. Non-technical approach to the challenges of ecological architecture: Learning from Van der Laan. *Frontiers of Architectural Research*. n. 5, p 202-212, jan. 2016.
- EPE. Empresa de Pesquisa Energética. **Balanco Energético Nacional** – Relatório Síntese 2016, ano base 2015. Disponível em: <<https://ben.epe.gov.br/BENRelatorio Sintese.aspx?anoColeta=2016&anoFimColeta=2015>>. Acesso em: 15 de maio de 2017.
- FAZIO, M; MOFFET, M; WODEHOUSE, L. **A história da arquitetura mundial**. 3. ed. Porto Alegre : AMGH, 2011.
- GRÜNBERG, P. R.; TAVARES, S. F. Carta bioclimática para Joinville/SC. In: ENCONTRO LATINOAMERICANO DE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS, 1995. **Anais...** Curitiba. 2013.
- IOMMI, M. The natural light in the italian rationalist architecture of Ex G.I.L. of Mario Ridolfi in Macerata. The virtual reconstruction and the daylight analysis of their original building. **Energy and Building**, n.113, p. 30-38, dez. 2015.
- KIMURA, K-I. Vernacular technologies applied to modern architecture. **Renewable Energy**, p. 900-907, ago. 1994.
- LABEEE. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. Analysis SOL-AR. Disponível em: <<http://www.labee.ufsc.br>>. 201-?.
- LAMBERTS, R; DUTRA, L; PEREIRA, F.O.R. **Eficiência energética na arquitetura**. São Paulo : PW, 1997.
- PBE EDIFICA. **Planilha de cálculo de desempenho da UH** : Planilhas e catálogos. Disponível em: <<http://pbeedifica.com.br/etiquetagem/residencial/planilhas-catalogos>>. Acesso em: 01 mar. 2017.
- PIÑÓN, H. **Teoría del proyecto**. Barcelona : Edicions UPC, 2006.
- ELETROBRAS; PROCEL EDIFICA; INMETRO; CB3E/UFSC. **Introdução ao Programa Brasileiro de Etiquetagem de Edificações**. Rio de Janeiro, 2013.
- PROCEL EDIFICA; ELETROBRAS; INMETRO; CB3E. **Manual A 4.7**. Diretrizes para a obtenção de classificação nível A para edificações residenciais – zona Bioclimática 5. Versão 1. 2012a.
- PROCEL EDIFICA; ELETROBRAS; INMETRO; CB3E. **Manual RTQ-R 4.2**. Manual para Aplicação do RTQ-R. Versão 1. 2012b.
- PROCEL EDIFICA; ELETROBRAS; INMETRO; CB3E. **RTQ-R 2.2**. Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais. Versão 1. 2012c.
- RUIZ, Ignacio Requena. Thermal comfort in twentieth-century architectural heritage: two houses of Le Corbusier and André Wogenscky. N. 5, p 157-170, fev. 2016.
- SEGAWA, H. Clave de Sol: notas sobre a história do conforto ambiental. **Ambiente Construído**. V. 3, n. 2, p. 37-46, abr./jun. 2013.
- SESTREM, L. [Sem título, 2015] 1. Fotografia.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer ao Centro de Ciências Tecnológicas de Joinville da Universidade do Estado de Santa Catarina UDESC, à coordenação do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil – PPGEC e à estudante de arquitetura Bruna Souza Zimmermann.