

O tema da sustentabilidade nas edificações pressupõe a abordagem da arquitetura bioclimática e de seus métodos passivos para o conforto térmico dos usuários. Deste modo, ante as atuais metodologias de avaliação de recursos construtivos passivos, mostra-se oportuno avaliar as edificações pertencentes ao Movimento Moderno na arquitetura. Período onde se criaram importantes elementos construtivos voltados ao conforto térmico nas edificações. Para tal, foi analisado o desempenho térmico de 18 residências na cidade de Joinville segundo o método prescritivo do RTQ-R. Os resultados foram analisados em graus-hora de resfriamento das envoltórias para o verão.

Orientadora: Ana Mirthes Hackenberg

Joinville, 2018

ANO
2018

THIAGO BORGES MENDES | DESEMPENHO TÉRMICO NAS RESIDÊNCIAS MODERNAS DE JOINVILLE: ANÁLISE DOS RECURSOS CONSTRUTIVOS E DAS ENVOLTÓRIAS PELO RTQ-R



UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC
CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS – CCT
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**DESEMPENHO TÉRMICO NAS
RESIDÊNCIAS MODERNAS DE
JOINVILLE: ANÁLISE DOS
RECURSOS CONSTRUTIVOS E DAS
ENVOLTÓRIAS PELO RTQ-R**

THIAGO BORGES MENDES

JOINVILLE, 2018

THIAGO BORGES MENDES

**DESEMPENHO TÉRMICO NAS RESIDÊNCIAS MODERNAS DE JOINVILLE:
ANÁLISE DOS RECURSOS CONSTRUTIVOS E DAS ENVOLTÓRIAS PELO
RTQ-R**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, na Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil.

Orientadora: Dr. Ana Mirthes Hackenberg.

**JOINVILLE, SC
2018**

Borges Mendes, Thiago
DESEMPENHO TÉRMICO NAS RESIDÊNCIAS MODERNAS DE
JOINVILLE: ANÁLISE DOS RECURSOS CONSTRUTIVOS E DAS
ENVOLTÓRIAS PELO RTQ-R / Thiago Borges Mendes. -
Joinville , 2018.
243 p.

Orientadora: Ana Mirthes Hackenberg
Dissertação (Mestrado) - Universidade do Estado de
Santa Catarina, Centro de Ciências Tecnológicas,
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil,
Joinville, 2018.

1. Residências modernas. 2. Desempenho térmico.
3. Estratégias passivas. 4. RTQ-R. 5. Procel
Edifica. I. Hackenberg, Ana Mirthes. II.
Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa
de Pós-Graduação. III. Título.

**Desempenho Térmico nas Residências Modernas de Joinville: Análise dos
Recursos Construtivos e das Envoltórias pelo RTQ-R**

por

Thiago Borges Mendes

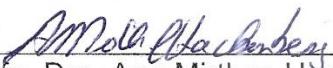
Esta dissertação foi julgada adequada para obtenção do título de

MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL

Área de concentração em “Engenharia Urbana e da Construção Civil”
e aprovada em sua forma final pelo

CURSO DE MESTRADO ACADÊMICO EM ENGENHARIA CIVIL
DO CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS DA
UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA.

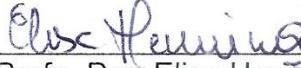
Banca Examinadora:



Profa. Dra. Ana Mirthes Hackenberg
CCT/UDESC (Orientador/Presidente)



Profa. Dra. Glacir Teresinha Fricke
UFS



Profa. Dra. Elisa Henning
CCT/UDESC

Joinville, SC, 11 de julho de 2018.

À Oscarina e Nilson

AGRADECIMENTOS

À minha família. A José Luiz Mendes pelo apoio fundamental durante esta pesquisa. À Anelise Borges Fiúza e Ronald Moura Fiúza, pelo interesse genuíno no desenvolvimento deste trabalho, por seu apoio incondicional e por sua paciência durante minhas ausências. Aos avós Nilson e Oscarina pelo tempo e amor que me dedicaram.

À minha orientadora, Ana Mirthes, pelos aportes assertivos, por sua paciência e disposição incessante.

À participação determinante, nesta formação, das professoras, Dra. Andreza Kalbusch, Dra. Elisa Henning e Dra. Virginia Grace Barros.

Ao fotógrafo e, sobretudo estimado amigo, Larry Sestrem, pela generosidade e talento nos registros fotográficos.

A Bernardino da Silva Neto, o primeiro arquiteto com o qual conversei sobre a arquitetura moderna de Joinville e quem me apresentou a obra de Joaquim Guedes na cidade de Joinville.

Ao arquiteto Gabriel Esteves Ribeiro, pelas discussões nas etapas iniciais desta pesquisa e pelo conhecimento dividido em nossa amizade.

Aos colegas desta trajetória, Eloise, Frank, Natássia e Tania.

À Dra. Glacir Teresinha Fricke por sua participação na banca final e qualificação.

Aos funcionários da SEMA, João Manoel de Souza Filho, Marilia dos Santos e Carmela Weinheimer Rodrigues, por sua gentil acolhida durante as pesquisas no acervo.

À Sonia Bordinhon, Anna Paula Viana e Margaret von Zeska, por inúmeros e importantes momentos.

Aos futuros arquitetos, e amigos, Bruna Souza Zimmermann e Bruno Gonçalves Wobeto, por me ensinarem um novo significado para gratidão.

RESUMO

O tema da sustentabilidade nas edificações pressupõe a abordagem da arquitetura bioclimática e de seus métodos passivos para o conforto térmico dos usuários. No âmbito nacional, a certificação Procel Edifica permite identificar a efetividade de uma construção com base na constituição de suas envoltórias, e no tipo e tamanho de suas aberturas, definidas segundo critérios elaborados na norma NBR 15220. Deste modo, ante as atuais metodologias de avaliação de recursos construtivos passivos, mostra-se oportuno avaliar as edificações que foram promovidas no período correspondente ao Movimento Moderno na arquitetura. Um período onde se ensejou a criação de elementos construtivos voltados ao conforto térmico (*brise-solei* e cobogó), assim como, adotou outros extensivamente (pátios e pérgolas). Para tal, foram analisadas 18 residências pertencentes a este período onde foram identificadas estratégias passivas para o conforto térmico. Para a avaliação do desempenho térmico destas obras, foi adotado o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações (RTQ-R). Para a análise do sombreamento, foi utilizada o software Brise.BR. Além da análise do projeto original das UH, foram realizadas duas verificações para identificar, isoladamente, o protagonismo de dois elementos no desempenho térmico deste conjunto - cobertura (verificação 01) e sombreamento nas aberturas (verificação 02). A primeira verificação considerou a pintura da cobertura com cor clara (redução da absorção). A segunda verificação considerou o sombreamento total nas aberturas originalmente desprotegidas (somb 1,0). A terceira hipótese destacou os recursos necessários para a obtenção da etiqueta A. As alterações cogitadas para a obtenção da etiqueta estiveram submetidas a intervenções mínimas (sem alteração de área construída ou das envoltórias). Segundo o projeto original das residências, apenas uma obteve a etiqueta B, às demais foram atribuídas etiquetas C ou D. Verificou-se que as alterações isoladas de clareamento da cobertura ou sombreamento produziram melhorias muito aproximadas (39,0% e 37,95%), e que as alterações para obtenção da etiqueta A produziram o incremento médio de 68,32%. Da amostragem, 11 residências obtiveram etiqueta A e sete obtiveram etiqueta B. Constatou-se que grande parte dos recursos passivos para o conforto térmico, por não estarem vinculados aos APPs, não puderam ser avaliados pelo RTQ-R, como as claraboias (em lavabos e corredores), fechamentos com cobogó em áreas comuns e a ventilação cruzada nas zonas de serviço. As conclusões obtidas com este estudo foram: a cobertura de fibrocimento (característica naquele período), apesar de sua composição, poderia ter sua ação reduzida na transferência de calor para os ambientes com a pintura (clareamento) de sua superfície; a segunda conclusão mostrou que a adoção de sombreamento nas aberturas das zonas sociais trariam benefícios consistentes. Finalmente, observou-se que, apesar das limitações identificadas pelo RTQ-R, a média do desempenho térmico das residências situou-se em 51%, equivalente à pontuação 2,55.

Palavras Chave: residências modernas; desempenho térmico; estratégias passivas; rtq-r; procel edifica.

ABSTRACT

The theme of sustainability in buildings presupposes the approach of the bioclimatic architecture and its passive methods for the thermal comfort of the users. At the national level, the label Procel Edifica allows the identification of the effectiveness of a construction based on the constitution of its enclosures, and the type and size of its openings, defined according to criteria elaborated in the NBR 15220 standard. Thus, considering actual methodologies of evaluation of passive strategies, it is opportune to analyze the buildings that were promoted in the period corresponding to the Modern Movement in architecture. A period where the creation of constructive elements aimed at thermal comfort (brise-solei and cobogó), as well as other extensively (patios and pergolas) were created. For such, 18 residences belonging to this period were analyzed which passive strategies for thermal comfort were identified. For the evaluation of the thermal performance of these works, the Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações (RTQ-R) was adopted. For shading analysis, Brise.BR software was used. In addition to the analysis of UH's original plans, two verifications were carried out to identify the role of two, isolated, elements in the thermal performance of this set - coverage (check 01) and shadowing at windows (check 02). The first verification considered the painting of the cover with light color (reduction of the absorptance). The second verification considered total shading in the originally unprotected windows (somb 1.0). The third hypothesis highlighted the resources needed to obtain the A label. Alterations considered to obtain the label were subject to minimal interventions (with no alteration of the built area or the enclosures). According to the original design of the residences, only one was tagged B, the others were labeled C or D. The isolated changes in coverage or shading bleaching produced very close improvements (39.0% and 37.95%), and that the changes to obtain label A produced the average increase of 68.32%. From the sampling, 11 residences were tagged A and seven were tagged B. It was found that a large part of the passive resources for thermal comfort, because they were not linked to APPs, could not be evaluated by RTQ-R, such as skylights and corridors), closings with cobogó in common areas and cross ventilation in service areas. The conclusions obtained by this study were: the fiber cement coating (characteristic in that period), despite its composition, could have its action reduced on heat transferring to the environments by painting (whitening) its surface; the second conclusion showed that the adoption of shading in social zones' windows would bring consistent benefits. Finally, it was observed that, despite the limitations identified by the RTQ-R, the average thermal performance of the dwellings stood at 51%, equivalent to a score of 2.55.

Keywords: modern movement; termal comfort; passiv strategies; rtq-r; procel edifica.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - <i>Brise-soleil</i> vertical utilizado na Sede da Caixa Econômica Federal em Joinville	53
Figura 2 - Planta e perspectiva do projeto para o Consulado dos EUA em Luanda..	56
Figura 3 – Exemplo de muxarabi adotado em residência em Joinville	66
Figura 4 – Exemplo da aplicação do cobogó.....	68
Figura 5 – Aplicação de muxarabi em dormitório (vista interna).....	70
Figura 6 – Utilização do pátio para interligar ambientes sociais e de serviço	71
Figura 8 - Fluxograma da metodologia.....	87
Figura 9 - Mapa de localização das residências encontradas	89
Figura 10 - Ordem cronológica das residências selecionadas	92
Figura 11 - Mapa de localização das residências selecionadas.....	93
Figura 12 - Exemplo de planilha para definição do sombreamento.....	96
Figura 13 - Exemplo de cálculo das propriedades térmicas para envoltória de 15 cm com tijolo maciço e reboco interno	98
Figura 14 - Fachada frontal da Residência 4.1.....	103
Figura 15 – Planta Baixa da Residência 4.1	105
Figura 16 - Fachada frontal da residência 4.2	109
Figura 17 – Planta Baixa da Residência 4.2	111
Figura 18 - Fachada frontal da Residência 4.3.....	116
Figura 19 – Planta Baixa da Residência 4.3	118
Figura 20 - Fachada frontal da Residência 4.4.....	122
Figura 21 - Planta Baixa da Residência 4.4	124
Figura 22 - Fachada frontal da Residência 4.5.....	129
Figura 23 - Planta Baixa do pavimento térreo da Residência 4.5.....	130
Figura 24 – Planta Baixa do pavimento superior da Residência 4.5	131
Figura 25 - Fachada frontal da Residência 4.6.....	135
Figura 26 – Planta Baixa do pavimento térreo da Residência 4.6.....	136
Figura 27 - Planta Baixa do pavimento superior da Residência 4.6	137
Figura 28 - Fachada frontal da Residência 4.7.....	142
Figura 29 - Planta Baixa da Residência 4.7	143
Figura 30 - Fachada frontal da Resdiênci a 4.8.....	148

Figura 31 - Planta Baixa do pavimento térreo da Residência 4.8	149
Figura 32 - Fachada frontal da Residência 4.9	154
Figura 33 - Planta Baixa do pavimento térreo da Residência 4.9	156
Figura 34 - Fachada Frontal da Residência 4.10.....	160
Figura 35 - Planta Baixa da Residência 4.10.....	161
Figura 36 - Fachada frontal da Residência 4.11	165
Figura 37 - Planta Baixa do pavimento térreo da Residência 4.11	167
Figura 38 – Planta Baixa do pavimento superior da Residência 4.11.....	167
Figura 39 - Fachada frontal da Residência 4.12	172
Figura 40 – Planta Baixa da Residência 4.12	173
Figura 41 - Fachada frontal da Residência 4.13	178
Figura 42 - Planta Baixa da Residência 4.13.....	180
Figura 43 - Fachada frontal da Residência 4.14	184
Figura 44 - Planta Baixa do pavimento térreo da Residência 4.14	185
Figura 45 – Planta Baixa do pavimento inferior da Residência 4.14.....	186
Figura 46 - Fachada frontal da Residência 4.15	191
Figura 47 - Planta Baixa da Residência 4.15.....	192
Figura 48 - Fachadas frontal e lateral do projeto aprovado da Residência 4.16.....	197
Figura 49 - Planta Baixa da Residência 4.16.....	198
Figura 50 - Fachada frontal e lateral do projeto aprovado da Residência 4.17.....	202
Figura 51 - Planta Baixa da Residência 4.17.....	203
Figura 52 - Ambientes de permanência prolongada da Resdênciia 4.18	207
Figura 53 - Planta Baixa da Residência 4.18.....	208
Figura 54 – Quantidade total de elementos x pontuação da UH	215
Figura 55 – Quantidade de elementos ativos x pontuação da UH.....	215
Figura 56 - Relatório de sombreamento na abertura do Dormitório 01	239
Figura 57 - Relatório de sombreamento na abertura do Dormitório 02.....	240
Figura 58 - Relatório de sombreamento na abertura do Dormitório de Empregada	241
Figura 59 - Relatório de sombreamento na abertura do Escritório	242
Figura 60 - Relatório de sombreamento na abertura da Sala de Estar Íntimo	243

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Níveis de eficiência, pontuação e equivalente numérico.....	77
Quadro 2 – Pré-requisitos das envoltórias para a Zona Bioclimática 5.....	78
Quadro 3 – Exemplo de tabela para os dados de ventilação natural.....	80
Quadro 4 – Exemplo de tabela para os dados de iluminação natural.....	81

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Lista das residências selecionadas	91
Tabela 2 - Presença das estratégias passivas nas residências	94
Tabela 3 - Exemplo de planilha para o cálculo das áreas de aberturas para ventilação e iluminação naturais	101
Tabela 4 - Informações cadastrais da Residência 4.1.....	104
Tabela 5 - Características construtivas da Residência 4.1.....	105
Tabela 6 - Programa de necessidades da Residência 4.1	105
Tabela 7 - Pré-requisitos das envoltórias da Residência 4.1	106
Tabela 8 - Percentual de sombreamento e orientação das aberturas da Residência 4.1	106
Tabela 9 - Etiquetagem dos APPs do projeto original da Residência 4.1	106
Tabela 10 - Etiquetagem dos APPs da Verificação 01 da Residência 4.1	107
Tabela 11 - Etiquetagem dos APPs da Verificação 02 da Residência 4.1	107
Tabela 12 - Etiquetagem dos APPs da Verificação 03 da Residência 4.1	108
Tabela 13 - Comparação entre áreas de iluminação existentes e mínimas da Residência 4.1	108
Tabela 14 - Comparação entre áreas de ventilação existentes e mínimas da Residência 4.1	109
Tabela 15 - Informações cadastrais da residência 4.2	110
Tabela 16 - Características construtivas da Residência 4.2.....	110
Tabela 17 - Programa de necessidades da Residência 4.2	111
Tabela 18 – Pré-requisitos das envoltórias da Residência 4.2.....	112
Tabela 19 – Percentual de sombreamento e orientação das aberturas da Residência 4.2	112
Tabela 20 – Etiquetagem dos APPs do projeto original da Residência 4.2.....	112
Tabela 21 – Etiquetagem dos APPs da Verificação 01 da Residência 4.2	113
Tabela 22 – Etiquetagem dos APPs da Verificação 02 da Residência 4.2	113
Tabela 23 - Etiquetagem dos APPs da Verificação 03 da Residência 4.2	114
Tabela 24 - Comparação entre áreas de iluminação existentes e mínimas da Residência 4.2	115

Tabela 25 - Comparação entre áreas de ventilação existentes e mínimas da Residência 4.2.....	115
Tabela 26 - Informações cadastrais da Residência 4.3	117
Tabela 27 - Características construtivas da Residência 4.3	118
Tabela 28 - Programa de necessidades da Residência 4.3.....	118
Tabela 29 - Recursos construtivos para o conforto térmico da Residência 4.3	119
Tabela 30 - Pré-requisitos das envoltórias da Residência 4.3	119
Tabela 31 - Percentual de sombreamento e orientação das aberturas da Residência 4.3	119
Tabela 32 - Etiquetagem dos APPs do projeto original da Residência 4.3.....	120
Tabela 33 - Etiquetagem dos APPs da Verificação 01 da Residência 4.3.....	120
Tabela 34 - Etiquetagem dos APPs da Verificação 02 da Residência 4.3.....	121
Tabela 35 - Etiquetagem dos APPs da Verificação 03 da Residência 4.3.....	121
Tabela 36 - Comparação entre áreas de iluminação existentes e mínimas da Residência 4.3.....	122
Tabela 37 - Comparação entre áreas de ventilação existentes e mínimas da Residência 4.3.....	122
Tabela 38 - Informações cadastrais da Residência 4.4	123
Tabela 39 - Características construtivas da Residência 4.4	124
Tabela 40 - Programa de necessidades da Residência 4.4.....	124
Tabela 41 - Recursos construtivos para o conforto térmico da Residência 4.4	125
Tabela 42 - Pré-requisitos das envoltórias da Residência 4.4	125
Tabela 43 - Percentual de sombreamento e orientação das aberturas da Residência 4.4	126
Tabela 44 - Etiquetagem dos APPs do projeto original da Residência 4.4	126
Tabela 45 - Etiquetagem dos APPs da Verificação 01 da Residência 4.4.....	126
Tabela 46 - Etiquetagem dos APPs da Verificação 02 da Residência 4.4.....	127
Tabela 47 - Etiquetagem dos APPs da Verificação 03 da Residência 4.4.....	127
Tabela 48 - Comparação entre áreas de iluminação existentes e mínimas da Residência 4.4.....	128
Tabela 49 - Comparação entre áreas de ventilação existentes e mínimas da Residência 4.4.....	128
Tabela 50 - Informações cadastrais da Residência 4.5	130
Tabela 51 - Características construtivas da Residência 4.5	131

Tabela 52 - Programa de necessidades da Residência 4.5	131
Tabela 53 - Pré-requisitos das envoltórias da Residência 4.5	132
Tabela 54 - Percentual de sombreamento e orientação das aberturas da Residência 4.5	132
Tabela 55 - Etiquetagem dos APP do projeto original da Residência 4.5	132
Tabela 56 - Etiquetagem dos APPs da Verificação 01 da Residência 4.5	133
Tabela 57 - Etiquetagem dos APPs da Verificação 02 da Residência 4.5	133
Tabela 58 - Etiquetagem dos APPs da Verificação 03 da Residência 4.5	134
Tabela 59 - Comparação entre áreas de iluminação existentes e mínimas da Residência 4.5	134
Tabela 60 - Comparação entre áreas de ventilação existentes e mínimas da Residência 4.5	135
Tabela 61 - Informações cadastrais da Residência 4.6.....	136
Tabela 62 - Características construtivas da Residência 4.6.....	137
Tabela 63 - Programa de necessidades da Residência 4.6	137
Tabela 64 - Pré-requisitos das envoltórias da Residência 4.6	138
Tabela 65 - Percentual de sombreamento e orientação das aberturas da Residência 4.6	138
Tabela 66 - Etiquetagem dos APPs do projeto original da Residência 4.6	139
Tabela 67 - Etiquetagem dos APPs da Verificação 01 da Residência 4.6	139
Tabela 68 - Etiquetagem dos APPs da Verificação 02 da Residência 4.6	140
Tabela 69 - Etiquetagem dos APPs da Verificação 03 da Residência 4.6	141
Tabela 70 - Comparação entre áreas de iluminação existentes e mínimas da Residência 4.6	141
Tabela 71 - Comparação entre áreas de ventilação existentes e mínimas da Residência 4.6	142
Tabela 72 - Informações cadastrais da Residência 4.7.....	143
Tabela 73 – Características construtivas da Residência 4.7	144
Tabela 74 – Programa de necessidades da Residência 4.7	144
Tabela 75 - Pré-requisitos das envoltórias da Residência 4.7	144
Tabela 76 - Percentual de sombreamento e orientação das aberturas da Residência 4.7	145
Tabela 77 - Etiquetagem dos APPs do projeto original da Residência 4.7	145
Tabela 78 - Etiquetagem dos APPs da Verificação 01 da Residência 4.7	145

Tabela 79 - Etiquetagem dos APPs da Verificação 02 da Residência 4.7.....	146
Tabela 80 - Etiquetagem dos APPs da Verificação 03 da Residência 4.7.....	146
Tabela 81 - Comparação entre áreas de iluminação existentes e mínimas da Residência 4.7.....	147
Tabela 82 - Comparação entre áreas de ventilação existentes e mínimas da Residência 4.7.....	147
Tabela 83 - Informações cadastrais da Residência 4.8	149
Tabela 84 - Características construtivas da Residência 4.8	149
Tabela 85 - Programa de necessidades da Residência 4.8.....	150
Tabela 86 - Pré-requisitos das envoltórias da Residência 4.8.....	150
Tabela 87 - Percentual de sombreamento e orientação das aberturas da Residência 4.8	150
Tabela 88 - Etiquetagem dos APPs do projeto original da Residência 4.8.....	151
Tabela 89 - Etiquetagem dos APPs da Verificação 01 da Residência 4.8.....	151
Tabela 90 - Etiquetagem dos APPs da Verificação 02 da Residência 4.8.....	152
Tabela 91 - Etiquetagem dos APPs da Verificação 03 da Residência 4.8.....	152
Tabela 92 - Comparação entre áreas de iluminação existentes e mínimas da Residência 4.8.....	153
Tabela 93 - Comparação entre áreas de ventilação existentes e mínimas da Residência 4.8.....	153
Tabela 94 - Informações cadastrais da Residência 4.9	155
Tabela 95 - Características construtivas da Residência 4.9	156
Tabela 96 - Programa de necessidades da Residência 4.9.....	156
Tabela 97 - Pré-requisitos das envoltórias da Residência 4.9.....	157
Tabela 98 - Percentual de sombreamento e orientação das aberturas da Residência 4.9	157
Tabela 99 - Etiquetagem dos APPs do projeto original da Residência 4.9.....	158
Tabela 100 - Etiquetagem dos APPs da Verificação 01 da Residência 4.9.....	158
Tabela 101 - Etiquetagem dos APPs da Verificação 02 da Residência 4.9.....	159
Tabela 102 - Etiquetagem dos APPs da Verificação 03 da Residência 4.9.....	159
Tabela 103 - Comparação entre áreas de iluminação existentes e mínimas da Residência 4.9.....	160
Tabela 104 - Comparação entre áreas de ventilação existentes e mínimas da Residência 4.9.....	160

Tabela 105 - Informações cadastrais da Residência 4.10.....	161
Tabela 106 - Características construtivas da Residência 4.10.....	162
Tabela 107 - Programa de necessidades da Residência 4.10	162
Tabela 108 - Pré-requisitos das envoltórias da Residência 4.10.....	162
Tabela 109 - Etiquetagem dos APPs do projeto original da Residência 4.10	163
Tabela 110 - Etiquetagem dos APPs da Verificação 01 da Residência 4.10	163
Tabela 111 - Etiquetagem dos APPs da Verificação 02 da Residência 4.10	164
Tabela 112 - Etiquetagem dos APPs da Verificação 03 da Residência 4.10	164
Tabela 113 - Comparaçao entre áreas de iluminação existentes e mínimas da Residência 4.10	164
Tabela 114 - Comparaçao entre áreas de ventilação existentes e mínimas da Residência 4.10	165
Tabela 115 - Informações cadastrais da Residência 4.11.....	166
Tabela 116 - Programa de necessidades da Residência 4.11	168
Tabela 117 - Características construtivas da Residência 4.11.....	168
Tabela 118 - Pré-requisitos das envoltórias da Residência 4.11.....	169
Tabela 119 - Percentual de sombreamento e orientação das aberturas da Residência 4.11	169
Tabela 120 - Etiquetagem dos APPs do projeto original da Residência 4.11	169
Tabela 121 - Etiquetagem dos APPs da Verificação 01 da Residência 4.11	170
Tabela 122 - Etiquetagem dos APPs da Verificação 02 da Residência 4.11	170
Tabela 123 - Etiquetagem dos APPs da Verificação 03 da Residência 4.11	171
Tabela 124 - Comparaçao entre áreas de iluminação existentes e mínimas da Residência 4.11	171
Tabela 125 - Comparaçao entre áreas de ventilação existentes e mínimas da Residência 4.11	172
Tabela 126 - Informações cadastrais da Residência 4.12.....	173
Tabela 127 - Características construtivas da Residência 4.12.....	173
Tabela 128 – Programa de necessidades da Residência 4.12	174
Tabela 129 – Pré-requisitos das envoltórias da Residência 4.12	174
Tabela 130 – Percentual de sombreamento e orientação das aberturas da Residência 4.12	174
Tabela 131 - Etiquetagem dos APPs do projeto original da Residência 4.12	175
Tabela 132 - Etiquetagem dos APPs da Verificação 01 da Residência 4.12	175

Tabela 133 - Etiquetagem dos APPs da Verificação 02 da Residência 4.12.....	176
Tabela 134 - Etiquetagem dos APPs da Verificação 03 da Residência 4.12.....	176
Tabela 135 - Comparação entre áreas de iluminação existentes e mínimas da Residência 4.12.....	177
Tabela 136 - Comparação entre áreas de ventilação existentes e mínimas da Residência 4.12.....	177
Tabela 137 - Informações cadastrais da Residência 4.13	179
Tabela 138 - Características construtivas da Residência 4.13	180
Tabela 139 - Programa de necessidades da Residência 4.13.....	180
Tabela 140 - Pré-requisitos das envoltórias da Residência 4.13	181
Tabela 141 - Percentual de sombreamento e orientação das aberturas da Residência 4.13.....	181
Tabela 142 - Etiquetagem dos APPs do projeto original da Residência 4.13	181
Tabela 143 - Etiquetagem dos APPs da Verificação 01 da Residência 4.13.....	182
Tabela 144 - Etiquetagem dos APPs da Verificação 02 da Residência 4.13.....	182
Tabela 145 - Etiquetagem dos APPs da Verificação 03 da Residência 4.13.....	183
Tabela 146 - Comparação entre áreas de iluminação existentes e mínimas da Residência 4.13.....	183
Tabela 147 - Comparação entre áreas de ventilação existentes e mínimas da Residência 4.13.....	184
Tabela 148 - Informações cadastrais da Residência 4.14	185
Tabela 149 - Características construtivas da Residência 4.14	186
Tabela 150 – Programa de necessidades da Residência 4.14.....	186
Tabela 151 - Pré-requisitos das envoltórias da Residência 4.14	188
Tabela 152 - Percentual de sombreamento e orientação das aberturas da Residência 4.14.....	188
Tabela 153 - Etiquetagem dos APPs do projeto original da Residência 4.14	188
Tabela 154 - Etiquetagem dos APPs da Verificação 01 da Residência 4.14.....	189
Tabela 155 - Etiquetagem dos APPs da Verificação 02 da Residência 4.14.....	189
Tabela 156 - Etiquetagem dos APPs da Verificação 03 da Residência 4.14.....	190
Tabela 157 - Comparação entre áreas de iluminação existentes e mínimas da Residência 4.14.....	190
Tabela 158 - Comparação entre áreas de ventilação existentes e mínimas da Residência 4.14.....	191

Tabela 159 - Informações cadastrais da Residência 4.15.....	192
Tabela 160 - Características construtivas da Residência 4.15.....	192
Tabela 161 - Programa de necessidades da Residência 4.15	193
Tabela 162 - Pré-requisitos das envoltórias da Residência 4.15.....	193
Tabela 163 - Percentual de sombreamento e orientação das aberturas da Residência 4.15	193
Tabela 164 - Etiquetagem dos APPs do projeto original da Residência 4.15	194
Tabela 165 - Etiquetagem dos APPs da Verificação 01 da Residência 4.15	194
Tabela 166 – Etiquetagem dos APPs da Verificação 02 da Residência 4.15	195
Tabela 167 – Etiquetagem dos APPs da Verificação 03 da Residência 4.15	195
Tabela 168 - Comparaçao entre áreas de iluminação existentes e mínimas da Residência 4.15	196
Tabela 169 - Comparaçao entre áreas de ventilação existentes e mínimas da Residência 4.15	196
Tabela 170 - Informações cadastrais da Residência 4.16.....	197
Tabela 171 - Características construtivas da Residência 4.16.....	198
Tabela 172 - Programa de necessidades da Residência 4.16	198
Tabela 173 - Pré-requisitos das envoltórias da Residência 4.16.....	199
Tabela 174 - Percentual de sombreamento e orientação das aberturas da Residência 4.16	199
Tabela 175 - Etiquetagem dos APP projeto original da Residência 4.16	199
Tabela 176 - Etiquetagem dos APPs da Verificação 01 da Residência 4.16	200
Tabela 177 - Etiquetagem dos APPs da Verificação 02 da Residência 4.16	200
Tabela 178 - Etiquetagem dos APPs da Verificação 03 da Residência 4.16	201
Tabela 179 - Comparaçao entre áreas de iluminação existentes e mínimas da Residência 4.16	201
Tabela 180 - Comparaçao entre áreas de ventilação existentes e mínimas da Residência 4.16	201
Tabela 181 - Informações cadastrais da Residência 4.17.....	202
Tabela 182 - Características construtivas da Residência 4.17.....	203
Tabela 183 - Programa de necessidades da Residência 4.17	203
Tabela 184 - Pré-requisitos das envoltórias da Residência 4.17.....	204
Tabela 185 - Percentual de sombreamento e orientação das aberturas da Residência 4.17	204

Tabela 186 - Etiquetagem dos APPs do projeto original da Residência 4.17	204
Tabela 187 - Etiquetagem dos APPs da Verificação 01 da Residência 4.17.....	205
Tabela 188 - Etiquetagem dos APPs da Verificação 02 da Residência 4.17.....	205
Tabela 189 - Etiquetagem dos APPs da Verificação 03 da Residência 4.17.....	206
Tabela 190 - Comparaçao entre áreas de iluminação existentes e mínimas da Residência 4.17.....	206
Tabela 191 - Comparaçao entre áreas de ventilação existentes e mínimas da Residência 4.17.....	206
Tabela 192 - Informações cadastrais da Residência 4.18	208
Tabela 193 - Características construtivas da Residência 4.18	208
Tabela 194 - Programa de necessidades da Residência 4.18.....	209
Tabela 195 - Pré-requisitos das envoltórias da Residência 4.18	209
Tabela 196 - Percentual de sombreamento e orientação das aberturas da Residência 4.18.....	209
Tabela 197 - Etiquetagem dos APPs do projeto original da Residência 4.18	210
Tabela 198 - Etiquetagem dos APPs da Verificação 01 da Residência 4.18.....	210
Tabela 199 - Etiquetagem dos APPs da Verificação 02 da Residência 4.18.....	211
Tabela 200 - Etiquetagem dos APPs da Verificação 03 da Residência 4.18.....	211
Tabela 201 - Comparaçao entre áreas de iluminação existentes e mínimas da Residência 4.18.....	212
Tabela 202 - Comparaçao entre áreas de ventilação existentes e mínimas da Residência 4.18.....	212
Tabela 203 - Etiquetagem do projeto original das UHs	214
Tabela 204 - Etiquetas por UH por quantidade de recursos construtivos	214
Tabela 205 - Etiquetagem das UHs na Verificação 01	217
Tabela 206 - Etiquetagem das UHs na Verificação 02	218
Tabela 207 - Etiquetagem das UHs na Verificação 03	219
Tabela 208 - Médias percentuais de aprimoramento das verificações	220
Tabela 209 - Planilha dos ambientes de permanênciia prolongada e banheiros.....	237
Tabela 210 - Planilha dos materiais construtivos das residências	238

LISTA DE ABREVIATURAS

AAb	Área de Aberturas
AAb Norte	Área de Aberturas para a orientação Norte
AAb Sul	Área de Aberturas para a orientação Sul
AAb Leste	Área de Aberturas para a orientação Leste
AAb Oeste	Área de Aberturas para a orientação Oeste
ABI	Associação Brasileira de Imprensa
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACV	Avaliação do Ciclo de Vida
AHJ	Arquivo Histórico de Joinville
Amin	Área mínima
AparInt	Área de Parede Interna do Ambiente
AparExt	Área de Parede Externa do Ambiente
APP	Ambiente de Permanência Prolongada
ATIN	Área total de iluminação natural
AUamb	Área Útil do Ambiente
AUcorredor	Área de circulação nos APP
Av	Área para ventilação
BREEAM	Building Research Establishment Environmental Assessment Method
CB3E	Centro Brasileiro de Eficiência Energética de Edificações
CGIEE	Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética
CONPET	Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural
COP	Conferência das Partes
DGNB	Deutsche GEssellschaft für Nachhaltiges Bauen
DWG	Drawing Working Group
Eletrobras	Centrais Elétricas Brasileiras S.A.
ENCE	Etiqueta Nacional de Conservação de Energia
ENE	És-nordeste
EPA	Environmental Protection Agency
EPE	Empresa de Pesquisa Energética

GBCUS	Green Building Council of United States
GHR	Indicador de graus-hora para resfriamento
HQE	Haute Qualité Environnementale
INFRAERO	Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas
L	Leste
LabAUT	Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética
LabEEE	Laboratório de Eficiência Energética
LEED	Leadership in Energy and Environmental Desing
MEC	Ministério da Educação e Saúde Pública
MIT	Massachussets Institute of Techonology
MME	Ministério de Minas e Energia
MRI	Midwes Research Institute
N	Norte
NE	Nordeste
NNE	Nor-nordeste
NNO	Nor-noroeste
NO	Noroeste
O	Oeste
OIA	Organismo de Inspeção Acreditado
ONG	Organização Não Governamental
ONO	Oés-noroeste
ONU	Organização das Nações Unidas
OSO	Oés-sudoeste
PBE	Programa Brasileiro de Etiquetagem
PBQP-H	Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
RGR	Reserva Global de Reversão
RTQ-R	Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais
RTQ-C	Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas

S	Sul
SE	Sudeste
SEINFRA	Secretaria de Infraestrutura Urbana
SEMA	Secretaria do Meio Ambiente de Joinville
SINAT	Sistema Nacional de Aprovações Técnicas
SO	Sudoeste
SSE	Su-sudeste
SSO	Su-sudoeste
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
UH	Unidade de habitação
UIP	Unidade de Interesse de Preservação
UNCED	United Nations Conference on Environment and Development
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change
ZB	Zona Bioclimática

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	37
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO E JUSTIFICATIVA DA PESQUISA	37
1.2 OBJETIVOS 40	
1.2.1 Objetivo geral	40
1.2.2 Objetivos específicos.....	40
2 REVISÃO	41
2.1 SUSTENTABILIDADE	41
2.2 VANGUARDAS ARTÍSTICAS E ARQUITETURA MODERNA	46
2.2.1 Neoplasticismo.....	48
2.2.2 Purismo	49
2.2.3 Suprematismo	50
2.3 CONFORTO TÉRMICO NA ARQUITETURA MODERNA INTERNACIONAL.....	51
2.4 PREMISSAS DO CONFORTO TÉRMICO NA ARQUITETURA MODERNA BRASILEIRA.....	58
2.5 ESTRATÉGIAS PASSIVAS NO BRASIL E NO MUNDO	63
2.6 SELO PROCEL EDIFICA	73
2.6.1 Regulamento Técnico da Qualidade para o nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais – RTQ-R.....	76
2.6.2 Procedimentos de análise pelo RTQ-R.....	78
2.7 REVISÃO CRÍTICA DAS NORMAS NBR 15.220, NBR 15.575 E RTQ-R	81
2.8 CONDIÇÕES CLIMÁTICAS DE JOINVILLE	84
3 METODOLOGIA	86
3.1 COLETA DE DADOS	88
3.1.1 Inspeção visual.....	88
3.1.3 Mapeamento	88

3.1.4 Coleta de projetos	89
3.2 SELEÇÃO DOS PROJETOS	91
3.3 INFORMAÇÕES CONSTRUTIVAS	93
3.4 REDESENHO DOS PROJETOS	94
3.5 ANÁLISE DE SOMBREAMENTO	95
3.6 APLICAÇÃO DO RTQ-R.....	97
3.6.1 Levantamento das propriedades térmicas de envoltórias não catalogadas	98
3.6.2 Preenchimento da planilha RTQ-R do Projeto Original.....	99
3.6.3 Verificação 01.....	99
3.6.4 Verificação 02.....	100
3.6.5 Verificação 03.....	100
3.7 ANÁLISE DA VENTILAÇÃO NATURAL E ILUMINAÇÃO NATURAL	100
6.8 ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	101
4 DESENVOLVIMENTO.....	103
4.1 RESIDÊNCIA 4.1	103
4.1.1 Análise do projeto original.....	105
4.1.2 Verificação 01.....	107
4.1.3 Verificação 02.....	107
4.1.4 Verificação 03.....	107
4.1.5 Iluminação natural	108
4.1.6 Ventilação natural	108
4.2 RESIDÊNCIA 4.2	109
4.2.1 Análise do projeto original.....	111
4.2.2 Verificação 01.....	112
4.2.3 Verificação 02.....	113
4.2.4 Verificação 03.....	114

4.2.5 Iluminação natural.....	114
4.2.6 Ventilação natural.....	115
4.3 RESIDÊNCIA 4.3	116
4.3.1 Análise do projeto original	119
4.3.2 Verificação 01	120
4.3.3 Verificação 02	120
4.3.4 Verificação 03	121
4.3.5 Iluminação natural.....	121
4.3.6 Ventilação natural.....	122
4.4 RESIDÊNCIA 4.4	122
4.4.1 Análise do projeto original	125
4.4.2 Verificação 01	126
4.4.3 Verificação 02	127
4.4.4 Verificação 03	127
4.4.5 Iluminação natural.....	128
7.4.6 Ventilação natural.....	128
4.5 RESIDÊNCIA 4.5	129
4.5.1 Análise do projeto original	131
4.5.2 Verificação 01	132
4.5.3 Verificação 02	133
4.5.4 Verificação 03	133
4.5.5 Iluminação natural.....	134
4.5.6 Ventilação natural.....	134
4.6 RESIDÊNCIA 4.6	135
4.6.1 Análise do projeto original	138
4.6.2 Verificação 01	139
4.6.3 Verificação 02	140

4.6.4 Verificação 03.....	140
4.6.5 Iluminação natural	141
4.6.6 Ventilação natural	141
4.7 RESIDÊNCIA 4.7	142
4.7.1 Análise do projeto original.....	144
4.7.2 Verificação 01.....	145
4.7.3 Verificação 02.....	146
4.7.4 Verificação 03.....	146
4.7.5 Iluminação natural	147
4.7.6 Ventilação natural	147
4.8 RESIDÊNCIA 4.8	148
4.8.1 Análise do projeto original.....	150
4.8.2 Verificação 01.....	151
4.8.3 Verificação 02.....	151
4.8.4 Verificação 03.....	152
4.8.5 Iluminação natural	152
4.8.6 Ventilação natural	153
4.9 RESIDÊNCIA 4.9	154
4.9.1 Análise do projeto original.....	157
4.9.2 Verificação 01.....	158
4.9.3 Verificação 02.....	158
4.9.4 Verificação 03.....	159
4.9.5 Iluminação natural	159
4.9.6 Ventilação natural	160
4.10 RESIDÊNCIA 4.10	160
4.10.1 Análise do projeto original.....	162
4.10.2 Verificação 01	163

4.10.3 Verificação 02	163
4.10.4 Verificação 03	164
4.10.5 Iluminação natural.....	164
4.10.6 Ventilação natural.....	165
4.11 RESIDÊNCIA 4.11	165
4.11.1 Análise do projeto original	168
4.11.2 Verificação 01.....	169
4.11.3 Verificação 02.....	170
4.11.4 Verificação 03	170
4.11.5 Iluminação natural.....	171
4.11.6 Ventilação natural.....	171
4.12 RESIDÊNCIA 4.12	172
4.12.1 Análise do projeto original	174
4.12.2 Verificação 01	175
4.12.3 Verificação 02.....	175
4.12.4 Verificação 03	176
4.12.5 Iluminação natural.....	177
4.12.6 Ventilação natural.....	177
4.13 RESIDÊNCIA 4.13	178
4.13.1 Análise do projeto original	181
4.13.2 Verificação 01	182
4.13.3 Verificação 02.....	182
4.13.4 Verificação 03	182
4.13.5 Iluminação natural.....	183
4.13.6 Ventilação natural.....	183
4.14 RESIDÊNCIA 4.14	184
4.14.1 Análise do projeto original	187

4.14.2 Verificação 01	188
4.14.3 Verificação 02.....	189
4.14.4 Verificação 03.....	189
7.14.5 Iluminação natural	190
4.14.6 Ventilação natural	190
4.15 RESIDÊNCIA 4.15	191
4.15.1 Análise do projeto original.....	193
4.15.2 Verificação 01.....	194
4.15.3 Verificação 02.....	194
4.15.4 Verificação 03.....	195
4.15.5 Iluminação natural	195
4.15.6 Ventilação natural	196
4.16 RESIDÊNCIA 4.16	197
4.16.1 Análise do projeto original.....	198
4.16.2 Verificação 01.....	199
4.16.3 Verificação 02.....	200
4.16.4 Verificação 03.....	200
4.16.5 Iluminação natural	201
4.16.6 Ventilação natural	201
4.17 RESIDÊNCIA 4.17	202
4.17.1 Análise do projeto original.....	203
4.17.2 Verificação 01.....	204
4.17.3 Verificação 02.....	205
4.17.4 Verificação 03	205
4.17.5 Iluminação natural	206
4.17.6 Ventilação natural	206
4.18 RESIDÊNCIA 4.18	207

4.18.1 Análise do projeto original	209
4.18.2 Verificação 01	210
4.18.3 Verificação 02	210
4.18.4 Verificação 03	211
4.18.5 Iluminação natural.....	211
4.18.6 Ventilação natural.....	212
5 RESULTADOS.....	213
5.1 LEVANTAMENTO DE DADOS	213
5.2 PROJETO ORIGINAL DAS UH.....	213
5.3 VERIFICAÇÕES.....	215
5.3.1 Verificação 01	216
5.3.2 Verificação 02	217
5.3.3 Verificação 03	218
5.3.4 Considerações sobre as verificações	219
5.4 ILUMINAÇÃO NATURAL E VENTILAÇÃO NATURAL.....	221
6 CONCLUSÃO.....	222
9.1 LIMITAÇÕES DA PESQUISA	225
9.2 SUGESTÕES PARA FUTURAS PESQUISAS	226
REFERÊNCIAS.....	227
APÊNDICE A – PLANILHA DOS AMBIENTES DE PERMANÊNCIA PROLONGADA E BANHEIROS	237
APÊNDICE B – PLANILHA DE ESPECIFICAÇÃO DOS MATERIAIS CONSTRUTIVOS	238
APÊNDICE C – RELATÓRIOS DE SOMBREAMENTO NAS ABERTURAS DA RESIDÊNCIA 4.1	239

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO E JUSTIFICATIVA DA PESQUISA

A crise energética gerada pelo aumento do petróleo em 1973 chamou a atenção para o incremento desproporcional do consumo de energia que se iniciou na Revolução Industrial. A partir de então, a sustentabilidade passou a ser tema recorrente no debate sobre o desequilíbrio ambiental, agravado pelos processos de urbanização e consumo crescente de matérias primas no setor industrial. E, nos países em desenvolvimento, tais questões costumam se agravar. De acordo com Kwong et al. (2014, p. 547, tradução nossa) “espera-se que estas nações consumam mais energia que os países desenvolvidos até o ano de 2020.”

No panorama nacional, segundo o Anuário Estatístico de Energia Elétrica de 2017, ano base 2016 (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE, 2017), o setor industrial respondeu à maior porção do consumo nacional (35,7%), seguido pelo setor residencial (28,8%). Porém, ao se considerar os setores correspondentes às edificações (comercial, poder público, serviço público e residencial), o consumo de energia corresponde a mais da metade do total do país (54,4%).

As causas que conduziram a este quadro energético costumam ser atribuídas ao período Moderno da arquitetura por distintos autores e, especificamente, à climatização artificial dos ambientes proporcionada pela refrigeração. Para Roth (2017),

Especialmente depois do desenvolvimento de sistemas eficientes de aquecimento, ventilação e resfriamento do ar, por volta da virada do século XIX para o [século] XX, os arquitetos do Ocidente industrializado pararam de se preocupar com temas como exposição ao sol, padrões de vento e temperatura prevalente, pois sentiam-se confiantes de que, tendo os equipamentos necessários, podiam superar qualquer dificuldade (ROTH, 2017, p.123).

Para Lamberts, Dutra e Pereira (1997), o avanço dos recursos tecnológicos substituíram os mecanismos recorrentes utilizados pelo arquiteto ao considerar a questão climática territorial e a qualidade térmica no interior das construções.

Roth (2017) salienta que o desenvolvimento do ar-condicionado entre os anos 1902 e 1906 por Wallis Haviland Carrier, originou o desinteresse dos arquitetos pela exploração de meios passivos como prevenção aos ganhos térmicos pela incidência

solar; uma postura que perdurou até 1973 – quando “pressões econômicas e novas sensibilidades provocaram grandes mudanças.” (ROTH, 2017, p. 126). Assim, “ao substituir por meios mecânicos o que antes era gratuita na natureza, uma parte significativa da energia consumida por uma edificação padrão é utilizada para a circulação de ar oxigenado, o que costumava ser a função das janelas abertas.” (FARR, 2013, p. 5). Para Montaner (2016), “a arquitetura moderna acabou, na década de 1960, promovendo uma cultura do consumo, de edifícios com climatização artificial”. Além do mais,

As formas por ela defendidas eram definidas demais, e seu vocabulário, abstrato, restringido e simplificado em desacordo com os que posteriormente se tornaram os critérios de uma arquitetura versátil e resiliente de acordo com o meio ambiente e que, para ser sustentável, tem precisado se renovar (MONTANER, 2016, p. 112)

Contudo, deve-se destacar que o reconhecimento da falibilidade de alguns edifícios do Movimento Moderno¹ ainda durante sua vigência, conduziu à reconsideração da relação entre o edifício e as características climáticas adjacentes. Segundo Recasens (1997), após a ruptura com a tradição histórica devido à consagração de novas possibilidades estruturais, o Movimento Moderno recorre à origem e à razão de ser das formas remotas e ancestrais.

No Brasil, esta situação leva à apropriação e transformação da prática arquitetônica estrangeira ao clima tropical. Aplica-se, aqui, pela primeira vez o anteparo solar concebido pelo arquiteto suíço Le Corbusier, denominado *brise-soleil*. E, cria-se um elemento construtivo vazado, eficiente para ventilação natural e sombreamento, denominado cobogó (BRUAND, 2008).

Assim, como se observa nas primeiras publicações sobre a Arquitetura Moderna Brasileira (GOODWIN, 1943; MINDILIN, 1956), a produção brasileira soma estes princípios a outros, como pátios e pérgolas, para estabelecer um repertório de elementos construtivos orientado ao conforto térmico das edificações. Entretanto, como será apontada na revisão bibliográfica, a consagração das estratégias passivas no Movimento Moderno, para alguns autores, não sobrepujou as consequências originadas na apologia aos novos métodos construtivos ou à estética mecanicista pregada por arquitetos proeminentes como Le Corbusier.

¹ Sobretudo quanto à utilização extensiva do ar-condicionado (ROTH, 2017)..

Sem embargo, estes recursos construtivos são utilizados extensivamente para amparar as recomendações construtivas dos manuais e selos de certificação no âmbito nacional, com o intuito de reduzir o consumo energético para a climatização das edificações. Entre estes programas de certificação e sustentabilidade, destacam-se: o processo AQUA-HQE – desenvolvido a partir da certificação francesa Démarche HQE (Haute Qualité Environnementale) e aplicado no Brasil pela Fundação Vanzolini, o selo CASA AZUL – desenvolvido pela Caixa Econômica Federal (CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, 2010), o selo PROCEL EDIFICA – desenvolvido pela ELETROBRÁS e outras instituições e órgãos governamentais, selo LEED (Leadership in Energy and Environmental Design– desenvolvido por Green Building Council US (GBCUS).

Finalmente, ante a constatação das recomendações de estratégias passivas para a redução do consumo energético nas edificações, da relevância do Movimento Moderno no desenvolvimento destes recursos, e da produção residencial moderna na cidade de Joinville, tomou-se como objeto de estudo um conjunto de habitações unifamiliares sobre a qual se pudesse verificar a efetividade destas estratégias no desempenho térmico total de cada obra.

Para este estudo optou-se pelo Regulamento Técnico da Qualidade para o nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R), desenvolvido pelo selo PROCEL EDIFICA (PROCEL, 2012c). Entre as duas metodologias fornecidas pelo regulamento, adotou-se o método prescritivo por apresentar maior simplicidade na sua utilização. As proteções solares de cada obra foram analisadas no software Brise.Br.

A base teórica se inicia com uma revisão sobre a sustentabilidade no panorama mundial. São apresentados os contextos nos quais surgem as terminologias e algumas metodologias que orientam os estudos sobre o desequilíbrio ambiental.

Posteriormente é revista a origem do Movimento Moderno, segundo as teorias desenvolvidas pelos movimentos de vanguarda artística que determinam os aspectos formais orientadores das obras. São revistas, também, a Arquitetura Moderna internacional e nacional. São apresentados os contextos nos quais surgem as primeiras preocupações quanto ao conforto térmico nas edificações. Vê-se como a arquitetura moderna brasileira se apropria dos preceitos internacionais e acaba

elaborando uma produção que transcende o apelo estético e que se mostra atenta às questões climáticas do território.

Na etapa seguinte, o selo PROCEL EDIFICA é apresentado e as partes de seu regulamento que ampararam a pesquisa são destacadas. Ainda neste tema, são discutidas as limitações levantadas por distintos autores quanto às normas sobre as quais se baseia o RTQ-R.

A parte final do estudo se destina ao levantamento do desempenho térmico do projeto original das residências, às verificações assumidas como hipóteses e à discussão dos resultados.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Avaliar o conforto térmico e a efetividade das estratégias passivas em um conjunto de residências da Arquitetura Moderna na cidade de Joinville, segundo o método prescritivo do RTQ-R.

1.2.2 Objetivos específicos

- Elencar os elementos construtivos utilizados para o conforto térmico nas obras eleitas.
- Analisar a eficiência das envoltórias: cobertura e paredes desta amostragem.
- Verificar a influência do sombreamento nos ambientes de permanência prolongada.
- Averiguar relações qualitativas e quantitativas sobre a amostragem, com o intuito de identificar correspondências entre recursos construtivos e os índices de conforto térmico.

2 REVISÃO

2.1 SUSTENTABILIDADE

Há pelo menos seis décadas nomenclaturas e terminologias vêm sendo criadas na esfera da ecologia e abordadas em escalas variadas, em organizações: profissionais, não governamentais (ONG), nacionais e mundial (ONU).

Em sua maioria, estes conceitos tratam de temas correlacionados e orientados às emissões de gases de efeito estufa, à redução de combustíveis fósseis e ao consumo energético. Entre estes se destacam: ciclo de vida de materiais, pegadas de carbono, arquitetura bioclimática e desenvolvimento zero.

Montaner (2016) define a arquitetura bioclimática como sendo construída, tradicionalmente, com materiais do local, integrada ao entorno imediato e inspirada na arquitetura vernacular.

De acordo com Frota e Schifer (2003, p. 17), “os primeiros estudos acerca da influência das condições termo-higrométricas sobre o rendimento no trabalho foram desenvolvidas pela Comissão Americana da Ventilação”. Esta comissão, presidida por Winslow, estudou, em 1916, a influência das condições termo-higrométricas no rendimento do trabalho dos operários; atenta a dois contextos: a guerra e a produtividade na indústria - originada pela Revolução Industrial (FROTA; SCHIFER, 2003).

Quanto à sustentabilidade, seu conceito foi estabelecido em 1987 pela Comissão Mundial do Meio Ambiente e do Desenvolvimento no relatório Nosso Futuro Comum. Neste documento definiu-se o desenvolvimento sustentável como sendo aquele que tende às necessidades da geração presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atender às suas. Seu objetivo é a melhoria da qualidade humana, um modo de vida responsável e que respeite a capacidade dos ecossistemas que sustentam a vida (MONTANER, 2016).

Na escala mundial, o primeiro debate sobre o meio ambiente ocorreu em 1972 na Conferência de Estocolmo². Este encontro organizado pela ONU teve como premissa a conscientização na relação da sociedade ante o meio ambiente. Entre os temas debatidos, estavam: o secamento de rios e lagos, os efeitos de inversão térmica e as ilhas de calor (NAÇÕES UNIDAS, 2018).

² Participaram 113 países e 400 instituições governamentais e não governamentais (RITTL, 2018).

Passados 20 anos, aconteceu no Rio de Janeiro a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (Rio 92) – em inglês UNCED, de onde surgiram três convenções concentradas em temas exclusivos: Convenção sobre Diversidade Biológica, Convenção sobre o Combate à Desertificação e Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças do Clima – em inglês UNFCCC, fundada em 1994 (NAÇÕES UNIDAS, 2018). Além das convenções, outros dois documentos foram elaborados nesta conferência: a Agenda 21 e a Declaração do Rio sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (NAÇÕES UNIDAS, 2018).

Posteriormente a Rio 92, novos encontros foram realizados pela ONU. Em 2002, em Joanesburgo, na África do Sul aconteceu a Rio+10. Em 2012, no Rio de Janeiro, houve a Rio+20 e, a mais recente, a Cúpula de Desenvolvimento Sustentável, em Nova York, em 2015.

Para regular os limites do impacto humano no sistema climático global, a UNFCCC criou seu órgão supremo, a Conferência das Partes (COP), tendo sido em Berlim, 1995, seu encontro inaugural (RITTL, 2018). A COP opera por conferências anuais mundiais que resultam em decisões submetidas a aprovações unâimes e aplicáveis a todos os países signatários (BRASIL, 2018c).

Até a atualidade, as participações dos países nestas convenções mundiais resultam em decisões que oscilam segundo seus contextos internos, sendo estas reações mais evidentes nos países industrializados. Não obstante, os responsáveis pelas maiores emissões de gases de efeito estufa e pelo consumo de combustível fóssil. De acordo com Wassouf (2016, p.9), enquanto “a sustentabilidade ecológica tem uma perspectiva global (os gases nocivos para o meio ambiente não conhecem fronteiras), a econômica e a social costumam referir-se a escalas locais e regionais”. Devido à dependência das características específicas de cada sociedade.

As Conferências das Partes foram continuamente marcadas por manobras das nações mais industrializadas. Na COP 15 (2009), Estados Unidos e China, os dois maiores poluidores foram os responsáveis pelo insucesso no estabelecimento de novos acordos internacionais. O Acordo de Paris (COP 21), documento gerado pela UNFCCC para estabelecer limites sobre as interferências humanas no sistema climático, resultou na saída dos EUA, evidenciando seu interesse em reverter as políticas regulatórias sobre o carvão mineral, o petróleo e o gás natural (RITTL, 2018). Entretanto, seu êxito está no procedimento de revisões globais sistemáticas

(a cada cinco anos) para definir índices mais arrojados para serem alcançados. Esta alteração metodológica permitiu abandonar as constantes renegociações nos acordos tentados até então.

Segundo Scruton (2016, p. 7), “sem o concurso governamental fica difícil enfrentar questões como mudança climática, vazamentos de petróleo, resíduos tóxicos e perda da biodiversidade”. Porém, a retrospectiva histórica aponta “que projetos de grande escala perdem eficiência e responsabilidade quando deixados nas mãos de burocratas.” (SCRUTON, 2016, p.7). Ainda, de acordo com este autor, “as mudanças climáticas levaram a questão do meio ambiente para outro patamar, acima da política tradicional, mostrando-nos um cenário catastrófico e tornando obsoletas as antigas formas de assegurar o bem comum.” (SCRUTON, 2016, p.39).

Em 2000, William McDonough e Associados elaboraram um documento – Os Princípios de Hannover - que continha sete normas para a Feira Mundial do Milênio, em Hannover, no qual se estabelecia diretrizes éticas no desenvolvimento de projetos sustentáveis (NESBITT (Org.), 2008).

Outros estudos e programas ecológicos vêm sendo desenvolvidos exclusivamente para o mercado da construção civil. Do mesmo modo, a expansão urbana e econômica salienta o desequilíbrio ambiental entre os países desenvolvidos e em desenvolvimento.

Segundo Wassouf (2016), o consumo de energia de edificações responde pela maior parte das emissões de CO₂ no setor da construção. Contudo, mesmo em países de clima ameno (Mediterrâneo), a energia consumida com climatização, aquecimento de água e iluminação respondem pelas maiores emissões de CO₂ ao longo do ciclo de vida. Portanto,

No que diz respeito ao conforto ambiental e à eficiência energética, as metas de reabilitação tecnológica contemplam a redução da demanda por climatização e iluminação artificiais, suprindo- tanto quanto possível por meios passivos³ [...] contemplando o restante por meio de tecnologias energeticamente eficientes (GONÇALVES; DUARTE, p. 55).

As distinções entre edifícios sustentáveis e edifícios verdes foram estabelecidas em 2013, em Mumbai, no quarto Holcim Forum, com o tema: *Economia na Construção*. A definição de edifício sustentável é determinada pela consideração quanto ao seu ciclo de vida, incluindo a etapa de demolição. Enquanto

³ Competem a estas estratégias passivas a ventilação e iluminação natural, aquecimento passivo direto e indireto e ventilação noturna.

o edifício verde orienta-se, primordialmente à eficiência do consumo de energia e outros recursos. Além destes, outros temas foram abordados neste encontro como: a lenta recuperação do investimento, o desconhecimento das tecnologias apropriadas e o pouco esclarecimento que os mercados possuem sobre os benefícios aos usuários.

Para Cohen, “a atenção cada vez maior ao desenvolvimento sustentável coloca problemas complexos, desde a articulação de numerosos componentes do processo de projeto arquitetônico, passando pela própria construção, até a gestão dos edifícios.” (COHEN, p. 471). Assim, “não apenas a produção dos materiais de construção é uma fonte importante de desperdício de energia; o funcionamento dos edifícios se revela mais pernicioso ainda e precisa ser repensado a partir do zero.” (COHEN, p.471). Para Gonçalves e Duarte (2006, p.55),

O produto final da arquitetura para a sustentabilidade ambiental é a síntese entre conceitos arquitetônicos, fundamentos do conforto ambiental, técnicas construtivas e de operação predial, e a esperada eficiência energética, seja no projeto de um novo edifício, seja na reabilitação tecnológica de um edifício existente. No entanto, o sucesso do desempenho ambiental e energético do edifício não pode ser garantido em nenhuma etapa de projeto.

Com isto as autoras defendem o cumprimento dos padrões de ocupação (anteriormente definidos), o comportamento e as expectativas dos usuários, além das simulações das condições ambientais para o êxito do desempenho final do edifício (GONÇALVES; DUARTE, 2006).

Segundo García-Navarro (2013), na década de 1990 surgem os métodos de avaliação orientados às análises e aplicação dos parâmetros estabelecidos sobre critérios ambientais, econômicos e sociais – BREEAM, VERDE, LEED, GBTool, Ecómetro.

Para Wassouf (2016), existem mais de vinte ferramentas⁴ para as avaliações de edificações, onde a LEED se destaca como mais conhecida. Atualmente a LEED tem desenvolvido a internacionalização da marca, tendo alcançado mais de 90 países, e atenta aos países latino-americanos. Enquanto algumas marcas limitam suas ações para mercados locais, sistemas de certificação como DGNB, LEED e BREEAM possuem estratégias agressivas para a conquista de mercados na escala

⁴ BREEAM – equivalente britânico do selo LEED e difundido na União Europeia; VERDE – marca difundida na Espanha e orientada para o mercado local; DGNB e BNB – na Alemanha; Green Globe – no Canadá; HQE – na França, entre tantos.

global, utilizando ferramentas de marketing similares às de empresas multinacionais. Esses consumos costumam ocupar o primeiro lugar como fonte de emissão de CO₂, superando a energia necessária para a construção das edificações (WASSOUF, 2016, p.9).

Gonçalves e Duarte (2006, p. 53) defendem que “a arquitetura sustentável deve fazer a síntese entre projeto, ambiente e tecnologia, dentro de um determinado contexto ambiental, cultural e socioeconômico, apropriando-se de uma visão de prazos médios e longos”. Sem embargo, o posicionamento empresarial destas marcas (certificações) ante a sustentabilidade tem suscitado contrapontos que apontam à inversão das questões ambientais ante as estratégias para desenvolvê-las (e evidentemente os retornos financeiros).

Assim, em 2000, dez anos após o desenvolvimento das primeiras certificações - segundo Wassouf (2016) – este tema surgia no debate mundial. Para Díez (2000), a arquitetura tem cedido espaço nas decisões sobre a construção do ambiente, sobretudo à economia. Com isso, os edifícios submetem-se aos departamentos de marketing, publicidade e comunicação enquanto, na escala urbana e territorial, o desenvolvimento imobiliário controlam as variáveis urbanísticas. Portanto,

O triunfo da ecologia como disciplina é incipiente, porém apressadamente o mercado tem incorporado esse prestígio a uma nova geração de percepções distorcidas de ‘o ecológico’. Neste sentido o triunfo da ecologia é mais propagandístico que disciplinário [...] (DÍEZ, 2000, p.16, tradução nossa).

Em artigo publicado em 2009, Scofield destacou a economia não significativa (na média) de energia primária, entre edificações comerciais certificadas e não certificadas pelo selo LEED – nos Estados Unidos. Para este autor, não é apenas coincidência “o fato de pequenos edifícios LEED terem relativamente baixo rendimento energético (relativo aos edifícios não LEED) enquanto grandes edifícios apresentam menor economia energética.” (SCOFIELD, 2009, p.1390, tradução nossa). Dessa forma, um edifício mal projetado (com má orientação solar, pouca proteção solar, etc.) pode conseguir uma classificação ambiental alta com um sistema de instalações ativas eficiente - calefação e refrigeração (WASSOUF, 2016, p.14).

Outra questão comum no debate sobre as certificações trata da adesão voluntária em propor edificações “ecológicas” e a ausência de restrições às construções não sustentáveis. De acordo com Wassouf (2016, p. 10), “as normas de edificação não oficiais não definem mecanismos para punir empreendimentos que apresentem um balanço energético ruim ou que emitam gases nocivos [...] no processo de construção, uso ou demolição”.

Para Díez (2000), questões econômicas e manifestações comunicativas (publicidade) e prospectivas (pesquisas, medições, *product test*) evidenciam o retrocesso disciplinador e o domínio das especificações e decisões sobre o meio ambiente orientadas às preferências do consumidor. Porém, “é importante compreender que estas ‘normas de sustentabilidade’ aplicadas à construção possuem um caráter de cumprimento voluntário, podendo servir para futuras normas nacionais de caráter obrigatório.” (WASSOUF, 2016, p.12). Elas oferecem um sistema para quantificar a sustentabilidade, mas não propõem processos determinados, nem soluções concretas. Além disso, poucas ferramentas estão aptas a analisar a arquitetura passiva, pois medem unicamente o consumo energético do edifício (DÍEZ, 2000).

A elevação do custo e seu impacto na etapa do projeto de edificações que voltadas às certificações também são debatidos em distintas esferas. Oliveira e Romero (2010) discutem o excesso de medidas a serem tomadas durante a fase de projeto, advindas de listas de providências a serem tomadas que devem considerar as possíveis ocorrências que comprometeriam o resultado pretendido.

Como se nota, no panorama abrangente sobre as certificações ambientais, evidenciam-se um conjunto de vieses surgidos nos últimos anos: o propósito econômico (fruto do perfil empresarial assumido pelas agências de certificações), os questionamentos quanto à eficiência concreta destes mecanismos, a adoção pelo mercado imobiliário como potencial recurso para *marketing* e o incremento no processo do projeto – resultando em maiores prazos e maiores despesas.

2.2 VANGUARDAS ARTÍSTICAS E ARQUITETURA MODERNA

O contexto no qual se origina o Movimento Moderno na arquitetura corresponde ao término da Primeira Guerra Mundial e pelas mobilizações iniciais vanguardas artísticas e seus desdobramentos experimentais (PEREIRA, 2010a).

Assim, como se observa na literatura sobre o tema⁵, o reconhecimento das correntes de vanguarda - Neoplasticismo (Holanda), o Suprematismo (Rússia) e o Purismo (França) -, é condição *sine qua non* para a compressão das mudanças formais (construtivas e estéticas) e das novas teorias⁶ que engendraram o Movimento Moderno.

Para Pereira (2010, p. 253),

Durante todo o início do século XX, as vanguardas europeias se lançam nessa busca, e parece que é justamente nessas experiências e em suas contribuições pontuais que está a chave para uma linguagem que responda verdadeiramente às características de seu tempo e na qual, frente à contingência dos estilos do século XIX, se afirme um novo valor objetivo para a linguagem da arquitetura: uma nova objetividade. Assim, brotam do tronco⁷ do Cubismo vários grupos que aspiram à dedução de uma poética concreta e universalmente comunicável.

Para Piñón (1997, p.5),

As vanguardas construtivas provocaram uma mudança nos modos de entender o artístico que por sua natureza e transcendência não tem parâmetro na história.

[...]

Trata-se de um modo distinto de entender as relações entre arte e realidade que será decisiva para a arquitetura da primeira metade do século XX.

Evidentemente, podem-se encontrar disparidades nas interpretações sobre este período por parte dos historiadores ou teóricos. Para Benevolo (1998, p. 382), “nenhuma dessas experiências tem uma ligação aparente com a arquitetura [...] parece que os pintores dessa geração⁸ preferem abandonar as relações com os outros campos de atividade e concentrar suas energias nos problemas da pintura”. Entretanto, para Gombrich (2011), há certa relação entre a pintura e arquitetura, incitada pelo cubismo em locais onde posteriormente se conceberam as já citadas vanguardas artísticas.

O interesse na estrutura, suscitado pelo cubismo, levantou entre os pintores em Paris, na Rússia e logo na Holanda também a seguinte questão: poderia a pintura converter-se numa espécie de construção, como a arquitetura? (GOMBRICH, 2011, P. 581-582).

⁵ Benevolo (1998), Curtis (2008), Fazio et. al (2011), Frampton (2008), Gombrich (2011), Pereira (2010); Piñón (1997), (2005).

⁶ Josep Maria Montaner apresenta um quadro cronológico dos textos básicos da arquitetura moderna em Arquitetura e crítica (2007).

⁷ Rovira (1999) de igual modo reconhece o papel antecessor do Cubismo, de onde derivam outras correntes artísticas que lhe atribuem fundamental importância – Neoplasticismo e Suprematismo.

⁸ Benevolo exclui os pintores futuristas deste entendimento.

Ainda, ao demonstrar vínculos claros entre a arquitetura e os aportes estéticos das vanguardas artísticas do século XX, Piñón (2005) aponta:

O que conhecemos como arquitetura moderna, em sentido estrito – a que se apoia em um critério de forma abstrata, consistente e específica de objeto -, se baseia na noção de forma descrita em três âmbitos vanguardistas precisos: o suprematismo, o purismo e, sobretudo, o neoplasticista.

2.2.1 Neoplasticismo

O Neoplasticismo se concebe no movimento holandês *De Stijl* (1917-1931) constituído originalmente por três figuras proeminentes: Piet Mondrian (1872-1944), Theo van Doesburg (1883-1931) (pintores) e Gerrit Th. Rietveld (arquiteto e ebanista) (FRAMPTON, 2008). O termo Neoplasticismo⁹ foi criado pelo matemático e filósofo M. H. Schoenmaekers, cujas obras influenciavam os atores principais do movimento. Schoenmaekers também foi responsável pela limitação às cores primárias na produção artística (FRAMPTON, 2008).

Para Argan (2001, p. 167),

De Stijl nasce um ano depois do Dadaísmo e se desenvolve nos mesmos anos do Surrealismo; que exalta o arbítrio como norma da arte e da vida, e que o Surrealismo celebra o valor supremo do inconsciente individual e coletivo; assim ficará claro de que modo o binômio técnica-poesia dos primeiros anos do século XX se transformou no binômio lógica-moral do racionalismo arquitetônico para enfrentar a “desordem e dor precoce” da Europa do imediato pós-guerra.

Como aponta Frampton (2008), as postulações teóricas mais significativas desse movimento se encontram no Manifesto de oito pontos¹⁰ (1918) publicado no segundo número da revista *De Stijl*, 16 Pontos de uma arquitetura plástica¹¹ (1924) e Por uma construção coletiva¹² (ensaio de 1924) (FRAMPTON, 2008).

Segundo Benevolo (1998, p. 398), “os conceitos fundamentais são elaborados por Mondrian entre 1913 e 1917, mas teorizados e divulgados sobretudo por Theo van Doesburg”. A ideia fundamental era partir dos elementos bidimensionais e organizá-los sob um novo critério de relações mútuas, do qual surgiria uma *nova plasticidade*. Para Argan (2001, p. 167),

⁹ Surgiu do neologismo *nieuwe beelding*

¹⁰ Defendiam a libertação da arte das coerções da tradição, assim como, o individualismo do artista (FRAMPTON, 2008).

¹¹ *Naar een beeldende architectuur*

¹² *Vers une construction collective*

A analítica espacial, que Mondrian elabora nos seus quadros exatos como teoremas, se encontra nesta arquitetura que se propõe estender seu construtivismo, como paradigma de vida, a todas as formas da existência coletiva: das oficinas às lojas, das escolas aos bairros residenciais.

De acordo com Frampton (2008), no âmbito da arquitetura, a primeira construção é de autoria de Robert van't Hoff, uma residência de 1916 e localizada próxima a Utrecht. Sem embargo, a obra arquitetônica mais significativa do Neoplasticismo foi a casa Schröeder-Schräder em Utrecht, de autoria do arquiteto Gerrit Rietveld. A residência apresentava claramente os critérios defendidos por Rietveld, pois “era elementar, econômica e funcional; não monumental e dinâmica; anticúbica em sua forma e antidecorativa em sua cor.” (FRAMPTON, 2008, p. 175).

2.2.2 Purismo

Sua criação se dá na publicação do manifesto *Aprés Le Cubisme* (em 1918) pelos autores Charles-Edouard Jeanneret (Le Corbusier) e Amédée Ozenfant. Nesta publicação (análise crítica), estes dois artistas propunham o Cubismo¹³ como algo superado, rebuscado e com distorções gratuitas (Frampton, 2001). Segundo Rovira (1999), *Aprés le cubisme*, é o primeiro livro de arte publicado após a Primeira Guerra Mundial e uma das passagens críticas mais brilhantes e influentes escritas após o conflito mundial.

Ainda neste período, Le Corbusier publicou *Vers une architecture* (1923), um tratado que foi inicialmente publicado em partes na Revista *L'Esprit Nouveau*, produzida inicialmente por Le Corbusier e Ozenfant, e que, posteriormente, contou com a participação do poeta Paul Dermée.. Sobre esta publicação Pereira (2010b) defende:

Na arquitetura moderna, não há nada similar à tratadística renascentista ou ao *compositivismo beaux-arts*. O texto mais importante e difundido de sua época, *Vers une architecture*, de Le Corbusier, é mais um manifesto do que um tratado, e nem Van Doesburg, Oud, Gropius ou qualquer um dos membros do De Stijl ou da Bauhaus produziu qualquer texto equiparável aos coetâneos das escolas tradicionais de década de 1920 (PEREIRA, 2010b, p. 240).

¹³ Termo criado por Matisse com um caráter de censura (PEREIRA, 2005).

Para Piñón (1997), os atributos fundamentais do Purismo no campo artístico são igualmente adotados para apresentar os critérios que direcionam a produção arquitetônica deste período: economia, precisão, rigor e universalidade.

2.2.3 Suprematismo

Este movimento surge com a publicação de seu manifesto em 1915, elaborado por Maliévitch, Maiakóvski, Larinov e outros escritores revolucionários. Concomitantemente, são propostos o Não-objetivismo, por Rodtchenko e o Construtivismo¹⁴ por Tátlín. Todos estes com o propósito comum de uma nova produção artística desprovida de referências miméticas ou figurativas (BENEVOLO, 1998).

De acordo com Argan (1992), o Suprematismo propunha uma transformação radical em que o objeto e o sujeito são igualmente reduzidos ao *grau zero*, um mundo destituído de tempo, noções e objetos; onde a sociedade futura seria definida por uma cidade na qual *objetos e sujeitos* se expressam em uma única forma.

Assim, diante das relações artísticas de novas composições formais – artísticas e construtivas - desenvolvidas no início do século XX, pode-se assumir a arquitetura moderna como propõe Piñón:

A arquitetura moderna se define, [...] não tanto pela ausência de disciplina que supõe o abandono do sistema classicista, quanto pela assunção de uma nova disciplina baseada em um repertório de elementos e relações com que os arquitetos têm respondido à generalização de uma construção na qual o suporte [estrutura] adquire autonomia a respeito do cerramento [envoltória] (PIÑÓN, 2005, p. 11, tradução nossa).

Portanto, de acordo com Roth (2017, p. 485), conclui-se:

Na busca de um estilo moderno, Behrens, Gropius, Mies e Le Corbusier lidaram com os processos industriais para criar componentes de construção e exploraram materiais e formas que evocavam a era da máquina. Até certo ponto, restabeleceram a conexão entre a arquitetura e a engenharia e assentaram a base para uma arquitetura racional em escala grande o suficiente para enfrentar os desafios do século XX.

¹⁴ Outros representantes desse movimento são Konstantin Mélinikov, El Lissitzky e Moiséi Guinzburg.

2.3 CONFORTO TÉRMICO NA ARQUITETURA MODERNA INTERNACIONAL

A crise de energia produzida pelo aumento do preço do petróleo, em 1973, marca, para Corbella e Yannas (2010), o impulsionamento da *arquitetura solar* e a incorporação da energia solar aos edifícios para reduzir o consumo de energia convencional. Para estes autores, a abundância e o preço reduzido de combustível, após a II Guerra Mundial, foram determinantes para que o conforto térmico nas edificações se apoiasse na refrigeração mecânica e na iluminação artificial.

Para Roth (2017), em meados do século XX, a fé incondicional dos arquitetos na tecnologia levou-os a desconsiderar a relação entre a construção e seu contexto climático e ambiental. Se um edifício era quente ou frio demais, bastava aumentar os equipamentos de aquecimento ou resfriamento.

Se precisassem de um novo material de construção, a indústria rapidamente responderia a essa necessidade; porém, como bons capitalistas, esses fornecedores estavam mais interessados em expandir seus mercados do que em fornecer materiais seguros, estáveis e duráveis. Era uma aposta saber se um selador, uma peça plástica ou um adesivo iria durar mais ou menos tempo que o financiamento da construção (ROTH, 2017, p. 487).

Este novo entendimento é identificado na segunda conferência realizada por Le Corbusier em 1929, em Buenos Aires: “neste momento em que ocorre uma interpretação geral e técnicas científicas internacionais, proponho: uma única casa para todos os países e todos os climas, uma casa que ofereça a *respiração exata*.” (LE CORBUSIER, 2004a, p.74). Assim, por meio da casa *hermética*, climatizada constantemente em 18°C, “nem o menor grão de poeira penetrará nela, nem as moscas e pernilongos. Nenhum ruído!” (LE CORBUSIER, 2004a, p. 76).

Enquanto seu discurso propunha a valorização da refrigeração mecânica, a defesa das janelas em fita era apresentada como a evolução coerente das habituais janelas:

Não há necessidade de janelas. O que se precisa é de ‘panos de vidros [pan de verre]’, hermeticamente vedados. Quanto ao arejamento, pensaremos numa solução!

[...]

Uma janela é feita para iluminar, *não para ventilar!* Se for para ventilar, usemos aparelhos de ventilação. Trata-se aí de mecânica, de física. Mais esta: a janela é o órgão mais dispendioso de uma casa (LE CORBUSIER, 2004a, p.65).

O conforto térmico nas edificações deste período era, para Díez, era submetido ao ideário estético da arquitetura moderna. Pois,

O sonho do ‘clima artificial que alimenta Le Corbusier no Pavilhão Suíço se converteu no pesadelo climático do aquecimento global. Trasladada à produção massiva da cidade, os preceitos do modernismo construíram edifícios climaticamente ineficientes, e a utilização de ar condicionado à discreção, foi a camuflagem de sua pretendida racionalidade. O recurso estético da ‘integração’ com o ‘exterior’ ou ‘a natureza’ (leia-se paisagem) alimentou a construção de superfícies envidraçadas cada vez maiores e cada vez mais difíceis de ser abertas (DÍEZ, 2000, p.16, tradução nossa).

Lucio Costa igualmente reconhecia as consequências produzidas pela climatização mecânica: “a arquitetura, tal como se desenvolveu no pós-guerra, foi severamente ironizada como dócil sub-produto [sic] da indústria do vidro mancomunada com o intensivo uso industrial, comercial e caseiro do ar condicionado.” (COSTA, 1995, p. 237). Entretanto, Costa não atribuía a responsabilidade exclusivamente a ela, e apontava como outro fator a nova possibilidade na utilização das envoltórias:

Houve simplesmente uma coincidência, uma concomitância: a indústria vidreira depois de atender à premente demanda das cidades arrasada pela insânia da guerra, viu-se também solicitada pelas novas teorias arquitetônicas resultantes de impacto inédito – *a fachada suporte deixara de existir* (COSTA, 1995, p. 237).

A consolidação deste processo de desvinculação entre estrutura e envoltórias é atribuída ao Sistema Dom-Ino, concebido por Le Corbusier em 1914¹⁵. Um sistema que consistia em uma “concepção pura e total de todo o sistema construtivo, prevendo todos os problemas que nascerão com a reconstrução da guerra.” (LE CORBUSIER, 1957c, p. 20, tradução nossa).

A iluminação zenital obtida com este novo processo construtivo resultou, Pereira (2010a), no grande trunfo da independência entre estrutura e envoltórias. A evolução estrutural propiciada pelos aportes construtivos como o arcobotante e contraforte permitiu que a arquitetura começasse a articular as paredes externas sob um novo aspecto. As maciças paredes (autoportantes) tornaram-se delgadas e leves, permitindo aberturas mais amplas e iluminação nova (PEREIRA, 2010a).

Entretanto, a aplicação prática do corolário sobre os fechamentos de vidro, por Le Corbusier, conduziu a uma rápida revisão de seu ideário devido a um

¹⁵ A primeira aplicação deste sistema foi realizada em 1929 na *Maison Loucuer* (LE CORBUSIER, 1957c).

episódio mal sucedido ocorrido em Paris. Entre 1929 e 1933, construiu-se, em Paris, um alojamento para homens solteiros, denominado *Cité de Refuge*¹⁶; projetado por Le Corbusier em 1928. As premissas da obra determinavam um fechamento fixo de vidro duplo para a fachada sul (hemisfério norte) – o que favoreceria geração de calor no inverno -, e ventilação mecânica para os verões. Porém, por razões financeiras, estes dois recursos não foram empregados e o edifício se tornava uma sauna¹⁷ no verão (ROTH, 2017, grifo nosso).

Roth (2017) destaca outro evento semelhante e contemporâneo aquele, também relacionado ao arquiteto Le Corbusier, a *Maison Suisse* (1939-1932), construída na cidade universitária de Paris. Neste edifício residencial para estudantes, a fachada sul foi concebida – como no episódio anterior – sem proteção contra a incidência solar. “Porém, um ano depois, [Le Corbusier] começou a adotar lâminas verticais e horizontais salientes de concreto para evitar que a luz do sol chegasse às superfícies de vidro, e chamou esse sistema de *brise-soleil*” (Figura 1) (ROTH, 2017, p. 485).

Figura 1 - *Brise-soleil* vertical utilizado na Sede da Caixa Econômica Federal em Joinville



Fonte: SESTREM, 2017.

Sem embargo, as experiências para solucionar os danos da radiação solar não eram levadas em conta por todos os arquitetos, mesmo entre os mais proeminentes. Em 1951, dezenove anos após o episódio da *Maison Suisse*, o arquiteto Ludwig Mies van der Rohe conclui a obra da casa Farnsworth (1945-1951).

¹⁶ Cidade-Refúgio. Denominado por Le Corbusier como “usina do bem” e considerado um dos primeiros edifícios hermeticamente fechados (ROTH, 2017).

¹⁷ Em 1947, Pierre Jeanneret foi chamado para substituir os panos de vidro por janelas de correr instaladas em um anteparo de concreto, afastando a luz do sol dos vidros (ROTH, 2017)

Considerada um ícone do Movimento Moderno, esta residência é um exemplo no qual as soluções arquitetônicas foram submetidas a uma ordem estética que pouco considerava as questões climáticas. No inverno, o conforto térmico era comprometido pela ausência de isolamento nas quatro fachadas totalmente envidraçadas, pela condensação dos vidros e pela ineficiente calefação sob o piso (SCHULZE; WINDHORST, 2016).

No verão, as razões para o desconforto térmico eram mais numerosas. O bloqueio à incidência solar era realizado apenas por cortinas de seda, a ventilação era pouco eficiente (devido às reduzidas dimensões das aberturas), as árvores próximas à residência tampouco eram efetivas como barreiras ao sol, a existência de mosquitos obrigavam ao fechamento das aberturas no verão – agravando o desconforto (SCHULZE; WINDHORST, 2016).

Ao longo da vigência do movimento moderno destacou-se o debate contínuo entre teóricos ou historiadores e os arquitetos “projetistas”, no qual os críticos defendiam a superação do modernismo, enquanto a *praxis* dos arquitetos demonstrava contínua evolução, culminando no seu apogeu na década de 1950 (Piñón, 2005). A crítica ao modernismo propunha a revisão da arquitetura moderna por produzir edifícios isolados, desvinculados do entorno¹⁸ e de influência mecanicista, assim como propunham o abandono da estética da “máquina” (PIÑÓN, 2006). A este discurso somava-se, ainda, o insucesso nos objetivos sociais, pretendidos com a *nova arquitetura*.

Segundo Roth (2017), o utilitarismo social, causa motriz do modernismo internacional, pretendia fornecer ao maior número possível de pessoas habitações saudáveis e protetoras. “Agora parecia que a nova arquitetura estava se impondo, negativamente, a seus habitantes. Algo tinha saído errado na preocupação social e lógica que havia motivado a arquitetura moderna.” (ROTH, 2017, p. 485). Evidentemente, deve-se considerar que o advento da modernidade pretendeu transformações que transcendiam o ambiente físico, pressupondo mudanças que ocorreriam em virtude das novas posturas do homem em relação à cidade e em suas relações sociais.

¹⁸ Piñón (2005) apresenta e debate esta visão proposta pelos críticos e teóricos. Diversos autores abordam este tema, como: Curtis (2008), Montaner (2009), Roth (2017).

Para Braungart e McDonough (2013) estas metas eram tanto sociais como estéticas, queriam substituir totalmente a habitação insalubre e desigual por edifícios limpos, minimalistas e totalmente acessíveis a distintas classes sociais. Adotaram, deste modo, grandes panos de vidro, aço e concreto, elementos que engenheiros e arquitetos utilizaram como ferramenta em qualquer país.

Concomitantemente, os arquitetos atuantes seguiam defendendo a importância da atenção às características geográficas do local para a produção de edificações adequadas ao seu contexto físico e climático. Para Piñón, “a arquitetura moderna é comumente confundida com um estilo, exclusivista e arrogante, que trata de se impor sem atenção aos entornos que o acolhem.” (PIÑÓN, 2006, p. 154).

Quanto à produção internacional, podem-se citar dois exemplos significativos: a produção pública e privada de Le Corbusier em Chandigarh (1950-65), e o projeto para o Consulado dos Estados Unidos em Luanda (1962) (Figura 2).

No seu projeto localizado em Luanda, o arquiteto Louis Kahn propôs duas coberturas independentes e com funções específicas, denominadas: “telhado do sol” e “telhado da chuva”. Estas coberturas eram separadas por uma distância de 1.83 m, que além de permitir a ventilação entre elas, favoreceria o controle da luz natural nos espaços fechados dispostos ao redor dos pátios. Sobre este projeto, Kahn afirmava:

O propósito era declarar de uma maneira primitiva, desconhecida e não sofisticada. [...] Perceba que também as pilastras que seguram as vigas mestras para o telhado solar são completamente independentes do telhado de chuva. O telhado de chuva nunca é perfurado. O telhado se ergue independentemente fora da arquitetura, para que o telhado de chuva não seja perfurado em lugar algum (KAHN, 2010, p.50).

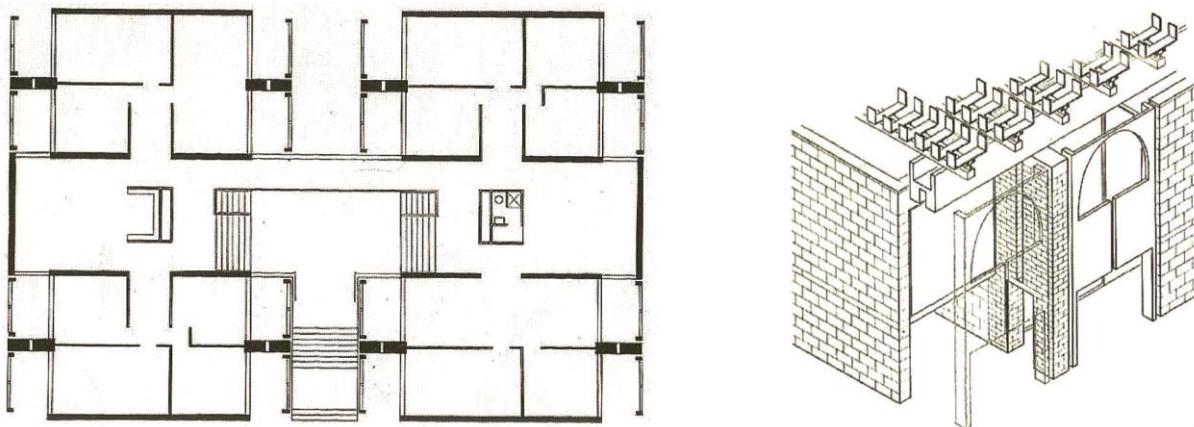
Seu entendimento sobre o contexto geográfico e climático desta obra, também pode ser observado ao afirmar que

Não se pode esquecer que luz, de certo modo, tem a ver com o que distingue a arquitetura de uma região de outra.

[...]

O propósito do edifício era demonstrar ao homem na rua o modo de vida derivado diretamente das características do ar, da luz, simples questões permanentes que deveriam constantemente falar com você em arquitetura (KAHN, 2010, p.150, tradução nossa).

Figura 2 - Planta e perspectiva do projeto para o Consulado dos EUA em Luanda



Fonte: KAHN, L. Forma e design. São Paulo: Martins Fontes, 2010. p. 47-48

Outro episódio compete a Le Corbusier e sua produção no planejamento de uma nova capital. Em 1950 o governo indiano confia a Le Corbusier a construção da nova capital do Punjab, Chandigarh, substituindo a antiga capital Lahore. Além do plano urbanístico, Le Corbusier e sua equipe desenvolvem os edifícios administrativos situados no capitólio (BENEVOLO, 1998).

Quanto ao clima, Le Corbusier (1957b) afirmava que a intensidade do sol era tanta que os hábitos de ócio e sesta eram inevitáveis durante alguns períodos do dia e em algumas estações. A quantidade de informações climáticas, que envolviam também interferências da chuva intensa no cotidiano dos habitantes, levou a equipe de Le Corbusier a elaborar um mapa climático para estruturar o processo de projeto. Assim, devido a este mapa, ao fim de sua primeira viagem a Índia, Le Corbusier elaborou uma prancha gráfica que permitiria observar – de modo imediato – as consequências de qualquer conjunto de condições climáticas (Le Corbusier 1957b).

O contexto climático indiano é abordado frequentemente pelo arquiteto nas apresentações dos memoriais descritivos do plano urbanístico e das edificações (LE CORBUSIER, 1957a, 1957b). E, entre a gama de peculiaridades climáticas, o autor salientava a severidade das monções¹⁹, a umidade e o desconforto causado pelo sol.

O país é tropical. As monções são intensas por dois meses no ano e são uma combinação alternada de chuvas torrenciais e sol.

[...]

¹⁹ Clima caracterizado por duas situações bem definidas e intensas: invernos secos e verões chuvosos.

Mosquitos estão em toda parte e janelas não podem ser deixadas abertas sem provisões especiais. Se se consideram as residências, escritórios e palácios, as condições do problema são ditadas por um sol impiedoso e com condições de temperatura, umidade e seca variando de um mês para outro – todos fatores contraditórios (LE CORBUSIER, 1957b).

Portanto, diante de tais circunstâncias, Le Corbusier elabora um conjunto de soluções construtivas que são empregadas em distintos edifícios - institucionais e residenciais.

Ao observar o hábito dos cidadãos de carregar suas camas e dormir ao relento nos períodos de calor intenso, Le Corbusier concebeu terraços cobertos em edificações como a Vila Shodan. De acordo com Curtis, o coroamento como no terraço da Vila Shodan, concebido como uma laje apoiada em pilares, “remete à imagem Dom-Ino, mas com a incorporação do conceito do guarda-sol protetor contra a chuva e o sol”. CURTIS, 2008, p. 428).

De modo geral, para a ventilação, os edifícios foram dispostos de acordo com o vento predominante, dotados de amplas aberturas para a ventilação cruzada e, em alguns casos, apresentaram distanciamento entre a cobertura do edifício e o pavimento inferior adjacente (LE CORBUSIER, 1957a). Para a questão solar, foram utilizados brises profundos verticais e horizontais.

Enquanto trabalhava nos planos de Chandigarh, foi solicitado a Le Corbusier que projetasse um complexo residencial privado em Ahmedabad, Índia - a Villa Sarabhai (1951-1955). Neste projeto, Le Corbusier adota seu sistema de proporções *Modulor* junto a outros recursos que já vinha utilizando como o brise-soleil. Radford, Morkoç e Srivastava (2014) na análise desta obra, destacam as respostas às especificidades climáticas do local, adotadas pelo arquiteto:

- orientação da residência a sudoeste para captar o vento das monções;
- a utilização de abóbadas catalanas paralelas e igualmente alinhadas com os ventos;
- adoção de terraço-jardim para aumentar a massa térmica da cobertura e reduzir os ganhos térmicos;
- a combinação das abóbadas e a linguagem do brise-soleil resultam em uma estrutura híbrida bem adequada ao clima e à indústria da construção na Índia.

Curtis (2008), indica as mesmas estratégias passivas ao analisar a obra de Le Corbusier na Índia.

Le Corbusier orientou a casa para aproveitar os ventos predominantes e projetou a fachada com profundas pilastras, que agiam simultaneamente como brises e pórticos. O sistema de abóbadas catalãs foi mais uma vez empregado para interiores sombreados, enquanto a cobertura tinha uma espessa camada de grama cruzada por canais de escoamento da água (para proteger das monções) (CURTIS, p. 426).

Nota-se, diante destas demonstrações, como a atenção às especificidades climáticas do local induziu à recorrência e o aprimoramento de soluções construtivas do passado e ao surgimento de outras; inclusive para arquitetos estrangeiros alheios ao clima dos países onde atuaram.

2.4 PREMISSAS DO CONFORTO TÉRMICO NA ARQUITETURA MODERNA BRASILEIRA

As características climáticas – topográficas, climáticas e vegetativas - foram a principal razão para o destaque da arquitetura moderna brasileira (BRUAND, CURTIS, 2008; GOODWIN, 1943; LEHMANN, 2016). Porém, deve-se considerar outro fator determinante para a projeção desta produção no panorama internacional – a industrialização brasileira no período de consolidação do modernismo.

Reis Filho (2006) e Warchavchik (2006) apontam ao setor industrial, daquele momento, como outra condição significativa para os feitos da arquitetura moderna no país. Estes autores destacam a baixa qualidade do setor industrial nacional quanto aos elementos fornecidos pela construção industrializada, o que levava a importações dispendiosas e também à concepção de materiais de modo artesanal.

Em 1928, Warchavchik (2006, p.85) afirmou:

A indústria local, se bem que em estado de incessante progresso, ainda não fabrica as peças necessárias, estandardizadas, de bom gosto e boa qualidade. [...] Estamos sempre peados pela obrigação de雇用 material importado, o que vem a encarecer muito as construções.

De acordo com Comas (2010, p. 222), “o Brasil de 1930 não era uma sociedade industrializada, mas aspirava a sê-lo. A valorização dos inegáveis aspectos positivos de uma modernização socioeconômica e política representava a contrapartida de uma insatisfação legítima com estruturas ainda semicoloniais”.

Para Mindlin, não somente a pesquisa sobre os problemas da insolação foi determinante para a formação da arquitetura moderna no Brasil, mas também o desenvolvimento da técnica avançada do uso do concreto armado, que “resultou não

só em estruturas mais leves e elegantes, mas também em uma economia significativa, em comparação com o custo da construção em outros países." (MINDLIN, 1956, p. 10-11, tradução nossa).

Posteriormente, no período entre 1940 e 1960 apresentavam-se, para Ferro (2006)²⁰, sintomas de um provável desenvolvimento social, que estimularam uma otimista atividade antecipadora. O futuro parecia conter promessas que solicitariam novos métodos. Assim, "as propostas, supostamente passíveis de aproveitamento quase imediato, procuraram colar-se às disponibilidades concretas do nosso meio e às carências do nosso subdesenvolvimento." (FERRO, 2006, p. 48)

Para Reis Filho, estas mesmas décadas são um período de intensa industrialização e urbanização para o país, o que incita à revisão da relação entre a arquitetura e as estruturas urbanas. Surgem, assim, edificações residenciais implantadas com soluções mais eficientes, onde passavam "a vigorar os princípios da 'planta livre', com ampla flexibilidade, de modo que, pelo menos em teoria, somente seriam satisfeitas nos projetos as exigências de funcionalidade e da própria composição." (REIS FILHO, 2006, p. 88).

Assim, segundo o autor, as contribuições se dariam:

- pelo uso de estruturas de concreto, que viriam a libertar as paredes de sua primitiva função de sustentação e as estruturas de sua rigidez;
- pela laje de piso e cobertura de concreto, em substituição às velhas estruturas de vigas de madeira, com soalhos de tábuas longas e revestidas por baixo com forros de estuque ou madeira;
- pelas vigas e colunas de concreto;
- pelas paredes de tijolos não mais estruturais, mas apenas como painéis de vedação.

Estas mesmas décadas (1940-1960) para Pereira (2010b), corresponderam ao momento em que a arquitetura brasileira encontrou sua força de invenção *justamente* na atualização da relação *afirmação-homem* contra a presença-natureza. Certamente,

A nova arquitetura exibia amplas janelas corbusianas, mas também pátios, terraços e varandas, ou ainda uma série de espaços ou elementos que articulavam a fronteira entre natureza e construção e demarcavam a singularidade da arquitetura brasileira (PEREIRA 2010b, p. 244).

²⁰ Publicado originalmente na revista *Teoria e Prática*, n. 1, pp. 3-15, 1967.

Lehmann (2016) destaca o material – cimento - e a mão de obra nacional como as condicionantes para o destaque da arquitetura moderna brasileira no cenário mundial. Assim,

Por razões de rapidez na construção e baixo custo de mão de obra, o concreto armado estabeleceu-se como o material construtivo por excelência. [...] o concreto foi amplamente aceito pelo público e poderia ser usado, fácil e economicamente, por mão de obra destreinada, um trabalho barato e usando cimento local, disponível em abundância (LEHMANN, 2016, p. 4).

Do mesmo modo, este material era indicado por Curtis como um fator preponderante para a projeção da arquitetura brasileira naquele período.

O ministério [MEC] foi uma demonstração do modo como uma estrutura de concreto poderia ser transformada em uma grelha com ventilação natural: as janelas foram feitas para serem reguláveis à mão e a planta livre usou divisórias que não alcançavam os tetos (CURTIS, 2008, p. 386)

Entretanto, enquanto para alguns historiadores o clima subtropical era entendido como uma condição não ideal no país, para Lehmann (2016), o clima era assumido como um fator positivo. “O Brasil é abençoado com um clima quente na maior parte do ano e isto, com a variedade topográfica das cidades, tem tido uma influência na abstração [na forma] moderna.” (2016, p.7, tradução nossa, grifo nosso).

Para Goodwin (1943, p. 84, tradução nossa), a grande contribuição da arquitetura moderna no cenário brasileiro “está nas inovações destinadas a evitar o calor e os reflexos luminosos em superfícies de vidro, por meio de quebra-luzes externos”. Maragno (2003) atribui à Escola Carioca (o movimento inicial da arquitetura moderna brasileira), a postura de projetar com o clima e controlando o ambiente natural, o que tornou frequentes os recursos de proteção solar nos projetos daquele período.

Contudo, apesar do reconhecimento internacional da contribuição brasileira quanto à temática bioclimática no Movimento Moderno, os primeiros debates nacionais quanto ao conforto térmico nas edificações estavam orientados ao tema da salubridade; tendo sido a questão “solar” uma continuidade da preocupação “higiênica”.

Silva (2009) concentra e analisa os diversos significados sobre o “conforto” na obra e discurso dos arquitetos modernos brasileiros. O recorte temporal está limitado pelos anos 1925 e 1960. E, sua pesquisa apoia-se nas revistas especializadas de

engenharia e arquitetura e nos textos desenvolvidos pelos arquitetos que produziram a arquitetura moderna brasileira neste período. Neste estudo, Silva (2009) identificou o emprego da palavra conforto segundo dois sentidos: conforto ambiental e comodidade. “Esses dois sentidos encontram-se evocados em equilíbrio sendo 54% o número de textos onde o significado de conforto está relacionado a questões de ambiente, e 46% relacionado à comodidade.” (SILVA, 2009, p. 92).

De acordo com Segawa (2003), os primeiros estudos sobre higiene/conforto tiveram início em 1894 com o Código Sanitário de São Paulo e foram revistos ou ampliados nos seguintes anos:

- 1911 (publicação de artigo: uma questão de higiene), pelo engenheiro Lúcio M. Rodrigues;
- 1916 (publicação do livro: Insolação – orientação e largura das ruas e alturas dos edifícios), pelo engenheiro Alexandre Albuquerque;
- 1918 (publicação de depoimento no Boletim do Instituto de Engenharia de São Paulo), pelo engenheiro Vitor da Silva Freire;
- 1930 (folheto: Excesso de sol nos aposentos), pelo engenheiro Heitor de Souza Pinheiro.

Segundo Mindlin, (1956, p. 10, tradução nossa), “o Código de Obras de São Paulo²¹ foi o primeiro do mundo a adotar as recomendações do I Congresso Internacional sobre Higiene da Habitação, realizado em Paris em 1904”. Este código também foi pioneiro na apresentação de regras matemáticas que deveriam ser aplicadas para a obtenção da insolação necessária em todo o edifício (MINDLIN, 1956).

Realizam-se, posteriormente, no Rio de Janeiro, estudos similares e independentes por arquitetos como Paulo Sá, Attilio Corrêa Lima, Hermínio de Andrade e Silva. “Sob a liderança de Paulo Sá, formulou-se uma doutrina, baseada em extensa pesquisa experimental, cobrindo todos os aspectos do problema da insolação nas edificações: astronômicos, térmicos, de ofuscação, sombra, etc.” (MINDLIN, 2000, p. 33).

²¹ O código estabelecia que “no dia do solstício de inverno (dia mais curto do ano no hemisfério sul), ou seja, 21 de junho [...] os raios solares devem poder alcançar, em todas as edificações da cidade, ainda que por um instante, o fundo de qualquer pátio ou poço de iluminação usado para iluminar uma sala de estar. No caso dos dormitórios, isso deve ocorrer por pelo menos durante uma hora, entre onze da manhã e uma da tarde, nos bairros mais antigos da cidade, e por pelo menos três horas, entre nove da manhã e três da tarde, nos bairros novos (MINDLIN, 1956, p. 10-11, tradução nossa).

Entretanto, a partir da década de 1920, o debate dos arquitetos sobre o conforto térmico, abarca efetivamente a incidência solar como um tema fundamental. O arquiteto Rino Levi, em 1925, relatou certa desatenção na relação entre edifício e território, ainda que para tal inserisse a estética como o propósito final da causa e em escala urbana. Assim, propunha: “fixada esta idéia (*sic*) é evidente que as construções, que com mau sistema, hoje, se projetam sem preocupação alguma da sua orientação e adaptação ao lugar, constituem uma ofensa à estética das cidades.” (LEVI, 2003, p.38).

Em 1926, o arquiteto russo radicado no Brasil, Gregori Warchavchik, afirmou que três problemas básicos deveriam ser levados em conta por um arquiteto nos estudos iniciais. Além de questões funcionais e estéticas, salientava a necessidade em se considerar o clima do lugar (WARCHAVCHIK, 2006).

Hugo Segawa no seu artigo publicado em 2003, Clave de Sol, destaca a atuação do engenheiro paulista, Heitor de Souza Pinheiro, na área sanitarista desde o princípio do século 20. A publicação *Excesso de sol nos aposentos* (1943) de Pinheiro foi identificada por Segawa (2003) como uma nova postura quanto à questão da insolação:

Um distinto arquiteto, sr. Engº Eduardo Kneese de Melo, deu-nos a honra de nos consultar sobre a questão seguinte: qual a direção dos raios solares, nas diferentes horas do dia, sem São Paulo, no rigor do verão?

Seu intuito era o de estudar, com esses elementos, os meios de proteger o interior das edificações contra o sol excessivo, escolhendo, para esse fim, situação conveniente para as janelas e posição adequada para os ‘stores’ das mesmas (PINHEIRO 1943 apud Segawa 2003, p.42).

Em 1958, em palestra realizada em Porto Alegre, Levi ressaltava a correlação entre as particularidades geográficas da região e as variedades de aspectos propiciados pela arquitetura de cada período (LEVI, 1978).

Latif em 1966, afirmava que ao projetar uma casa, se deveria ter em mente não apenas a “inclemência do sol”, mas também o ar quente e úmido (LATIF, 2003). Com isto, salientava a importância da aeração – em regiões tropicais - para uma boa habitabilidade.

Só pela aeração consegue-se o conforto de um homem que reage contra a canícula²² pela evaporação refrescante do suor.

[...] para uma boa habitabilidade no trópico não basta que se suprima a calefação de outras terras e torna-se primordial ter, como a primeira das

²² Calor muito forte (HOUAISS; VILLAR, 2001).

preocupações, uma boa aeração nos meses de canícula, tanto da casa quanto até da cidade toda (LATIF, 2003, p. 304).

Em texto de 1983, denominado *Arquitetura Bioclimática*, e destinado à comemoração dos 70 anos da criação do ar-condicionado, Lucio Costa afirmou haverem outras formas de considerar o conforto térmico em edificações que não a que determinou o estereótipo da arquitetura moderna – o ar condicionado e o vidro. Dizia haver modos e meios, “até mesmo aproveitando a lição da arquitetura dos povos ditos primitivos – de reduzir o excessivo gasto de energia requerido pelo partido arquitetônico então universalmente adotado nas edificações de grande porte.” (COSTA, 1995, p. 237).

Segundo Pereira, os inúmeros desdobramentos gerados pela apropriação do pilotis corbusiano pelos arquitetos cariocas “resgatavam justamente a memória lentamente sedimentada em uma velha relação com a natureza.” (PEREIRA, 2010b, p. 245). Isto é, os arquitetos modernos investiram nas novas possibilidades de diálogo com a natureza por meio de espaços e de elementos que garantiriam essa aproximação (PEREIRA, 2010b).

2.5 ESTRATÉGIAS PASSIVAS NO BRASIL E NO MUNDO

Para Rego (2003), Le Corbusier foi o ponto de partida para que a nova escola de arquitetura brasileira pudesse desenvolver obras com grande espontaneidade e soluções originais.

Le Corbusier havia feito discípulos no país do sol. O sentido de renovação de sua arte provinha de um movimento de libertação do homem. [...] A casa, para ele, não era um isolamento do mundo, um lazareto, um refúgio contra a natureza. [Ele] busca uma solução mais ecológica para a arquitetura e, por consequência, mais humana, mais poética, mais profunda (REGO, 2003, p. 295).

Mostra-se oportuno ressaltar a disparidade que envolve a definição do episódio e contexto no qual Le Corbusier criou o *brise-soleil*. Para Bruand (2008), sua criação se dá em 1933, no projeto de urbanização de Argel entre os anos 1930 e 1934; para Goodwin (1952), Le Corbusier o concebe em 1933 em um projeto não executado para Barcelona; para Roth (2017), a criação vincula-se ao episódio da Cidade-Refúgio (1929-1933) em Paris.

Entretanto, foi no Brasil, em 1943, que o *brise-soleil* adquiriu notoriedade internacional, ao ser aplicado no Ministério da Educação e Saúde Pública, no Rio de Janeiro, em um projeto que se iniciou em 1937. Ao comparar as tentativas iniciais - da aplicação de brises - de Le Corbusier e sua utilização no Brasil, GOODWIN (1943, p. 85) argumenta que: “em nenhum caso, tais engenhos foram integrados de modo mais feliz na arquitetura do que no edifício (sic) do Ministério de Educação e Saúde Pública (sic), do Rio de Janeiro”.

Em uma conferência proferida em Paris, em 1953, e posteriormente publicada na revista L’Architecture D’Aujourd’hui, Pedrosa afirmava:

[...] A contribuição mais original e significativa, do ponto de vista técnico, dos arquitetos brasileiros é a proteção contra o calor. É normal que seja num país de clima tropical e subtropical que apareçam as soluções mais audaciosas e eficazes para esse problema. Ainda aqui Le Corbusier foi um promotor; foi ele quem, para seu projeto não realizado de Barcelona, concebera os primeiros brise-soleil móveis orientáveis. Coube aos jovens arquitetos brasileiros utilizá-los na prática, mas ainda nesse caso, demonstraram invenção e leveza pessoal notáveis. Foi deles que veio toda esta variedade de sistemas brise-soleil, móveis e fixos, orientáveis, basculantes, horizontais e verticais, hoje conhecidos, adotados e adaptados em todo o mundo.[...] (PEDROSA, 1953 apud WISNIK, 2015, p.68).

Apesar deste reconhecimento histórico, o pioneirismo na utilização dos quebra-sóis, ocorreu na sede da Associação Brasileira de Imprensa – ABI, em 1937, pelo escritório MM Roberto, e posteriormente na Obra do Berço 1939, de autoria do arquiteto Oscar Niemeyer. Ao pioneirismo brasileiro da adoção deste recurso, somaram-se, já em seus primórdios, distintos vieses na sua concepção. Enquanto na Obra do Berço e ABI se o propôs fixo e em alvenaria; no MEC, adotou-se uma solução pré-fabricada e móvel.

Mindlin em 1956 identificou a adoção do brise-soleil e seu uso na arquitetura brasileira das mais variadas formas. Brise-soleils móveis ou fixos, verticais ou horizontais, são projetados de acordo com a orientação do prédio e sua finalidade, em uma grande variedade de materiais: concreto armado, alumínio, asbesto, cimento, placa metálica, lã de vidro inserida em placas de vidro, placas de madeira compensada, persianas em caixilhos etc. (MINDLIN, 2000, p. 33).

Contudo, “embora a historiografia engajada se omita a respeito, a arquitetura de vanguarda nunca foi exatamente uma unanimidade, mesmo depois de sua difusão e de sua consolidação como estilo institucional da arquitetura por cerca de sessenta anos.” (SILVA, 2002, p. 6). Vê-se como habitual a ideia de desconexão e negligência

quanto às especificidades do entorno imediato na arquitetura moderna ampararem as introduções de artigos que abordam análises sobre o conforto térmico em edificações – (DIEZ, 2000), (GONÇALVES; DUARTE, 2006), (ATEM; BASSO, 2005). Ainda que “algumas correções” tenham surgido ainda na década de 1930, no período de consolidação do Movimento Moderno.

Para Fossatti e Lamberts (2010),

Até então poucos arquitetos levavam em consideração os contextos urbano, geográfico e climático em seus projetos, tirando partido da iluminação e ventilação naturais e aproveitando as condições climáticas da região, a orientação solar, os ventos predominantes e as condições do entorno. Em algumas situações, modelos arquitetônicos internacionais eram importados sem o cuidado de serem adaptados às potencialidades brasileiras.

De acordo com Piñón (2005, p. 154), “entre as lendas que contribuíram para o desconhecimento da arquitetura moderna, uma das falsidades assumidas com mais tranquilidade é a que incapacita os seus produtos para atender às condições do meio urbano em que surgem”.

O projeto moderno não apenas atende à vizinhança do edifício como não pode prescindir da sua consideração, se quiser usar suas possibilidades de síntese por meio da forma. As condições do lugar [...] são um elemento essencial para a identidade do edifício, a maioria dos projetos exemplares da modernidade não serão entendidos sem uma sutil, mas intensa consideração do entorno (PIÑÓN, 2006, p. 154).

Para Atem e Basso, a arquitetura moderna brasileira foi caracterizada, entre outros elementos, pelo uso de dispositivos de proteção solar; “Os arquitetos brasileiros não somente incorporaram as ideias do mestre Le Corbusier como as reinventaram.” (ATEM; BASSO, 2005, p. 30). Ainda, alguns edifícios pertencentes às décadas de 1940 a 1960²³ “se tornaram parte da linguagem universal da arquitetura moderna, ou seja, para adaptar um edifício às condições mais agressivas do clima, foi utilizado um elemento mais puro, abstrato, tecnicamente projetado que condizia com os ideais de beleza da época.” (ATEM; BASSO, 2005, p. 30).

Deste modo, “não havia mais o resultado de tentativa e erro do passado, cujo resultado era um arquitetura bastante adequada ao clima brasileiro, com elementos

²³ Ministério da Educação e Saúde (1936-1942) Lucio Costa, Oscar Niemeyer, Carlos A. Leão, Jorge Moreira, Affonso E. Reidy, Ernani Vasconcellos; Obra do Berço (1937) – Oscar Niemeyer; Associação Brasileira de Imprensa – ABI (1938) – MM Roberto; Edifício das Seguradoras (1943) – MMM Roberto.

como as varandas, muxarabis (Figura 3) e gelosias. No período moderno foi sistematizado o uso da proteção solar [*brise-soleil*.]” (ATEM; BASSO, 2005, p. 30).

Para Gonçalves e Duarte (2006, p. 52), a “banalização da arquitetura do *International Style*”, seguida pela crença no controle total das questões ambientais nas edificações, resultou na propagação dos volumes de vidro e ao elevado consumo de energia das décadas posteriores, difundindo-se nas cidades de todo o mundo.

Entretanto, olhando para história da arquitetura e das cidades, foi apenas por um relativo curto espaço de tempo que as considerações sobre as premissas fundamentais de projeto e seu impacto nas condições de conforto ambiental e no consumo de energia não eram tidas como determinantes. Por isso, a arquitetura bioclimática ganhou importância dentro do conceito de sustentabilidade (GONÇALVES, DUARTE, 2006, p. 52).

Figura 3 – Exemplo de muxarabi adotado em residência em Joinville



Fonte: SESTREM, 2016.

Porém, como já posto anteriormente, há amplo reconhecimento dos aportes dos arquitetos brasileiros às estratégias para conforto térmico em edificações, e que, a primeira aplicação significativa do *brise-soleil* no Brasil não determinou a exclusiva propagação de um recurso, mas sim a reafirmação de métodos antigos e culturalmente consolidados²⁴.

De acordo com Mindlin (2000, p. 33), “ainda que, em certa medida, qualquer tipo de *brise-soleil* possa ser considerado uma imitação dos velhos e tradicionais métodos de proteção contra a ofuscação e o calor, mesmo assim o *brise-soleil* adicionou um novo elemento à nossa arquitetura”. Além disso, “havendo da parte

²⁴ Dos arquitetos dessa geração dita moderna, o grande teórico será, como se sabe, Lucio Costa. Mais do que escrever sobre o novo, ele se empenha em dissecar as relações artifício/natureza, reatualizando o discurso dos mitos e reinserindo-o, a seu modo, na história. Mais do que qualquer outro arquiteto de todo esse ciclo da arquitetura brasileira, é também Lucio Costa quem certamente deixa não meia dúzia de formas- reproduutíveis à maneira de -, mas uma herança de questões (PEREIRA, 2010b, p. 245).

dos arquitetos essa preocupação pelo conforto ambiental, é sempre possível a adaptação de recursos simples que possibilitem ventilação cruzada nos aposentos, complementada, no caso dos edifícios de apartamentos ou escritório, pela criação de poços de tiragem²⁵." (COSTA, 1995, p.239).

Para Bruand (2008), seria um equívoco admitir que o emprego do *brise-soleil* ensejasse o desaparecimento dos meios tradicionais e, que embora os procedimentos tenham sido alterados, o propósito – de proteção – não se alterou. Assim,

As varandas e os corredores externos de outrora foram substituídos pelos amplos espaços livres cobertos, possíveis graças às novas técnicas construtivas: térreo total ou parcialmente livre, graças ao emprego do pilotis e grandes terraços ou sacadas protegidas pela projeção de uma laje em balanço (BRUAND, 2008, p. 12).

Ainda de acordo com Bruand, as transformações destes procedimentos sem comprometer sua premissa aplicavam-se “às venezianas²⁶, persianas e outros tipos de postigo²⁷, cujo uso, mantido em certos edifícios, possibilitou às fachadas um toque particular.” (BRUAND, 2008, p. 12).

Para Curtis, o modernismo tropical no Brasil resultava de implicações culturais, onde “um ideal de progresso nacional foi combinado com uma busca por “origens nacionais” não copiando o passado, mas revigorando padrões espaciais básicos adequados ao clima quente e à paisagem suntuosa.” (CURTIS, 2008, p. 386).

Assim, a assunção do modernismo em território brasileiro, consciente das peculiaridades de nossa geografia e clima, propiciou a invenção por volta de 1930 do “Cobogó” (Figura 2). Este material foi concebido como um elemento construtivo vazado, inicialmente em concreto, e criado pelos engenheiros Amadeu Oliveira Coimbra, Ernst August Boeckmann e Antônio de Góis, em Recife. Sua criação deu-se pela necessidade do controle da incidência do sol em faces laterais (de vedação) permitindo a ventilação e determinada iluminação no interior das construções (BRUAND, 2008).

²⁵ Tiragem: Corrente ascensional do ar quente que sai pela chaminé provocando inferiormente a entrada de ar frio (CORONA; LEMOS, 2017, p. 452).

²⁶ Esquadria, porta ou janela, que permite a ventilação permanente no interior dos compartimentos, constituída de palhetas paralelas e inclinadas, de modo a impedir a visibilidade e a entrada de água da chuva (CORONA; LEMOS, 2017, p. 469).

²⁷ Pequena abertura ou fresta. Pequeno vão feito a meia altura de uma parede, cuja serventia é permitir a passagem de objetos de um cômodo a outro (CORONA; LEMOS, 2017, p. 487).

Portanto, “pórticos, varandas abertas e semiabertas, passagens cobertas-abertas, pátios, pérgulas, brises, leves treliças e cobogós (Figura 4) foram soluções que se impuseram nas pranchetas dos arquitetos.” (PEREIRA, 2010b, p. 245).

Figura 4 – Exemplo da aplicação do cobogó.



Fonte: SESTREM, 2018.

Quanto ao beiral, é comum encontrar abordagens que o situam no conjunto dos elementos estratégicos para sombreamento em climas tropicais, como já apresentado. Todavia, segundo Costa (1937), os beirais surgiram primeiramente como solução para a chuva nas fachadas das edificações. E, posteriormente, o terraço-jardim (de Le Corbusier) teria sido a transformação final da cobertura, que se iniciou com o surgimento das calhas, sendo finalmente conduzida às platibandas.

Assim, Costa ao defender a documentação da arquitetura colonial brasileira, esclareceu a interpretação equivocada que se fazia sobre o beiral e sua principal função:

Diz-se, por exemplo, que os beirais das nossas velhas casas tinham por função proteger do sol, quando a verdade é, no entanto, bem outra. Um simples corte faz compreender como, na maioria dos casos, teria sido ineficiente tal proteção, e os bons mestres jamais pensaram nisto, mas na chuva, isto é, afastar das paredes a cortina de água derramada do telhado (COSTA, 1937, p.35).

Contudo, para Roth (2017), a gênese do beiral foi determinada pela necessidade de proteção solar em uma série de casas projetadas em meados dos anos 1930 até a década de 1970, tendo sido criado pelos irmãos George Fred Keck e William Keck, arquitetos de Chicago.

Durante este período, George e William Keck calculavam o tamanho dos beirais para manter a luz do sol distante das paredes de vidro até os meses mais frios do ano, orientando as construções para o sul - hemisfério norte (ROTH, 2017).

Os irmãos Keck foram levados a desenvolver edifícios com aquecimento passivo após a experiência de George Fred Keck com uma casa toda de vidro que projetou para a exposição Century of Progress realizada em Chicago em 1933. Durante sua construção, no auge do inverno de 1932, os trabalhadores tiveram de tirar suas camisas e ficar apenas de camiseta, tamanho o calor dentro da caixa de vidro que agia como uma estufa (ROTH, 2017, p.128)

Tanizaki (2008) toma o beiral como exemplo para identificar as posições opostas na relação – luz versus residência – assumidas pelo ocidente e oriente. Para ele, enquanto a luz é pretendida e buscada, inclusive em ambientes como banheiros (no ocidente); no oriente, os espaços interiores são tratados de modo a controlar com rigor, por meio dos beirais, a luminosidade natural.

Assim, no ocidente, o beiral pode ser entendido como um prolongamento da casa que não rechaça totalmente a luz. Enquanto para os orientais, é o distanciamento acentuado da casa – em relação aos limites da cobertura – que acaba gerando o espaço entendido como beiral ou varanda.

Evidentemente, o discurso sobre a relevância das referências históricas – continuidade ou transformação - por parte dos arquitetos entusiastas do modernismo brasileiro, incluía as contribuições da colonização portuguesa; encontrando-se evidências em Mindlin (1956, 2000), Maragno (2000) e Costa (1995). Segundo Maragno (2000), alguns elementos tradicionais da arquitetura brasileira acerca da proteção solar são herança portuguesa, porém de origem moura, que chegaram ao país por meio da dominação portuguesa, como as rótulas²⁸, gelosias e muxarabis. De acordo com Mindlin,

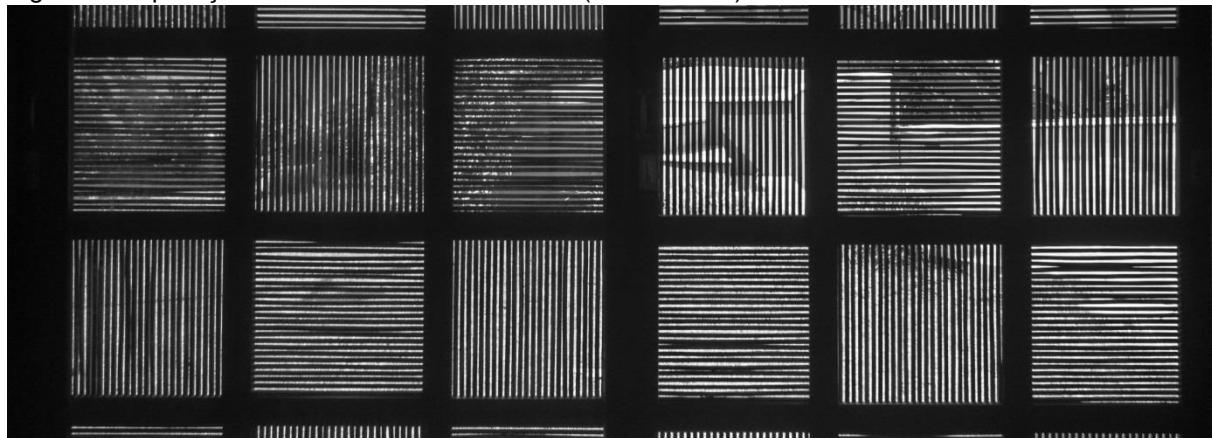
Frequentemente, nos detalhes dos *brise-soleil*, bem como nos trabalhos em madeira, podem ser encontradas reminiscências e variações das rótulas e persianas coloniais, seja como expressões de um passado que se reintegram no novo vocabulário em formação, seja como novas respostas dadas aos problemas permanentes dos climas tropicais e subtropicais (MINDLIN, 2000, p. 33).

²⁸ Gelosia. Caixilhos, de porta ou janela, cujo vão é preenchido por uma grade composta de pequenas tiras de madeira que se cruzam diagonalmente. As rótulas permitiam que se olhasse para fora sem ser visto, além de patrocinar aos interiores agradável sombra e ventilação permanente. Pequena abertura nas portas que permitia fôssem (sic) abertas por fora (CORONA; LEMOS, 2017, p. 415).

Como exemplo, tem-se: os painéis de cobogó ou de concreto pré-moldado, variedades de treliças ou rótulas e, em alguns momentos, repetições de modelos antigos como muxarabis (MINDLIN, 2000). Os muxarabis (Figura 5), para Corona e Lemos (2017), estão entre as mais marcantes testemunhas da influência árabe na arquitetura ibérica transplantada para o Brasil colonial. Em seu Dicionário da Arquitetura Brasileira (1968) reeditado em 2017, os autores o definem como:

Nome que de uma maneira geral se dá ao anteparo perfurado colocado na frente de uma janela ou na extremidade de uma saliência abalcoada, com o fito de se obter sombra e de se poder olhar para o exterior sem ser observado. Na quase totalidade das vezes tais anteparos perfurados eram constituídos de um xadrez de fasquias de madeira, que nos caixilhos de janelas recebiam o nome de rótulas (CORONA; LEMOS, 2017, p. 330).

Figura 5 – Aplicação de muxarabi em dormitório (vista interna)



Fonte: SESTREM, 2017.

Roth (2017) identifica a arquitetura islâmica do Irã e do norte da Índia como culturas tradicionais na utilização do muxarabi; um modo de manter as temperaturas internas de um edifício confortáveis, permitindo a entrada do ar e restringindo a incidência solar.

Nesses locais, as janelas não são cobertas com vidro, mas com painéis perfurados de mármore esculpido, o que reduz significativamente a entrada da luz (mas cria um desenho salpicado de luz fraca dentro do edifício) e favorece o fluxo de ar. Dispositivos assim eram usados nas mesquitas de Isfahan e podem ser vistos nitidamente nos túmulos reais de Agra, Índia. (ROTH, 2017, p.126)

Sem embargo, a partir do início do século XIX as janelas de rótulas, os muxarabis e os balcões gradeados foram condenados pelas autoridades, vistos como soluções inadequadas e feias, em descompasso com as novas possibilidades

advindas dos gradis de ferro fundido e também dos vidros planos, desenvolvidos de modo cada vez mais viável pelos ingleses (CORONA; LEMOS, 2017).

Outro recurso determinante para o aprimoramento do conforto térmico no modernismo, o pátio (Figura 6), para Arís (1997), teria surgido como uma questão climática, sobretudo em regiões que dependiam dele para permitir a *respiração* da residência por seu ambiente central. Fato que estabelece o pátio como solução anterior à arquitetura moderna, a qual tinha na fluidez espacial (por consequência suas articulações) e no *pan de verre* alguns de seus dogmas. Em suas palavras:

Caberia definir o pátio como uma estância sem teto: uma estância singular, descoberta, que constitui o núcleo, o miolo da casa. Desde o ponto de vista das condições climáticas, o pátio, é, pois, um exterior [...]

A casa pátio tradicional constitui um modo introvertido e isolado do exterior. Sua forma vem definida por um recinto que obriga a todas as dependências a abrir-se sobre o espaço central do pátio através do qual se produz a respiração da casa. As casas escavadas, características de algumas regiões da China, levam ao limite este princípio, convertendo o pátio em um poço que se recorta a partir do nível do terreno.

Figura 6 – Utilização do pátio para interligar ambientes sociais e de serviço



Fonte: Elaborada pelo autor, 2015.

Entretanto, notam-se divergências quanto ao entendimento sobre o pátio na arquitetura moderna; relacionando-o a origens ou razões distintas: transgressões formais, condições climáticas ou reinterpretações históricas.

De acordo com Giedion (2004, p.14), o resgate histórico e o “anseio de investigar o elementar, o irracional, as fontes de expressão simbólica”, nascia como intento de neutralizar a influência da teoria mecanicista. Algo que poderia ser uma reação ao discurso de apologia à arquitetura como “máquinas de morar”, segunda uma estética influenciada diretamente pela lógica construtiva de transatlânticos e aviões; defendida veementemente por Le Corbusier.

Porém, para exemplificar sua afirmação quanto à imersão no passado por parte dos arquitetos de “primeira linha”, Giedion (2004) utiliza o Convento de La Tourette (1960), de autoria de Le Corbusier. E, acaba por apontar o pátio como outro exemplo da introdução de elementos antigos na arquitetura contemporânea²⁹. Segundo o autor,

O pátio interno, essa área de recolhimento de uma habitação, é conhecido desde as residências particulares de Ur, construídas por volta de 2000 a. C. As casas de campo romanas continham uma série de pátios internos, os quais desempenhavam funções específicas (GIEDION, 2004, p.14).

Para Arís, o pátio não está contido nos conceitos básicos da arquitetura moderna:

O pátio, entanto que espaço recintado e concluso, estático e contemplativo, fechado em todo o seu perímetro e aberto somente zenitalmente, não forma parte dos conceitos básicos da arquitetura moderna, a qual tende a desenvolver dispositivos formais baseados em uma ideia de espaço expansivo e centrífugo cujas principais propriedades seriam, pelo contrário, a fluidez, o dinamismo e a abertura. (ARÍS, 1997, p. 121, tradução nossa).

Segundo Arís (1997, p. 121, tradução nossa), “poderia-se dizer que a arquitetura moderna se aproxima ao conceito de pátio através de uma série de operações que contém sempre um componente transgressor em respeito ao arquétipo da casa pátio da cultura tradicional”. Acaba, assim, por definir 3 formas de transgressões³⁰ ao conceito de pátio na arquitetura moderna Arís (1997, p. 122, tradução nossa).

²⁹ Giedion (2004) refere-se à arquitetura compreendida entre o começo do século XX e a década de 1960, aproximadamente.

³⁰ O autor referencia arquitetos autores de residenciais a cada forma de transgressão. 1^a: Mies van der Rohe e Josep Lluís Sert, 2^a: Philip Johnson e Josep Maria Sostres. 3^a: Alvar Aalto, Richard Neutra, Rudolph Schindler e Frank Lloyd Wright.

- 1^a: a descentralização do pátio em respeito à casa, desconsiderando o muro de recinto;

- 2^a: a respiração da casa já não depende da presença do pátio;

- 3^a: o pátio deixa de ser um lugar recintado e introvertido.

Em seu estudo sobre os espaços de transição (varandas) como estratégia à arquitetura sustentável, David, Rioli e Fontes (2014) identificam a varanda como um espaço de transição presente na arquitetura brasileira desde o período colonial. E, ainda, sugerem este espaço como uma possível área de permanência prolongada para condições climáticas como as brasileiras. Portanto,

Quando o projeto e os materiais construtivos são usados de forma adequada ao local, o espaço de transição atua como um elemento de adequação climática, colaborando para a eficiência energética da edificação, uma vez que atua como um filtro à incidência solar direta e ventos fortes e diminui as perdas de energia ao longo do dia (DAVID; RIOLI; FONTES, 2014, p. [?]).

Diante do exposto, pode-se entender como o debate sobre a arquitetura moderna brasileira, naquele momento, salientava a relevância de se atentar ao contexto geográfico (sobretudo climático), e os proveitos que se poderiam obter ao reconsiderar as *lições arquitetônicas* antigas.

Assim como, “o itinerário dos grandes arquitetos modernos [...] demonstra exatamente que a fidelidade à (sic) suas experiências respectivas não homogeneizou a sua arquitetura: suas obras mostram sua personalidade, o que lhes permitiu insistir em valores diversos [...]” (PIÑÓN, 2006, p. 66).

2.6 SELO PROCEL EDIFICA

Em 1985, o Ministério de Minas e Energias (MME) e a Eletrobras instituem o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – Procel, e posteriormente, em 1993, por Decreto Presidencial, institui-se o Selo Procel, mecanismo que permite identificar os equipamentos com melhores resultados na relação entre eficiência e consumo de energia.

Publica-se, em 2001, a primeira lei voltada à eficiência energética no Brasil, Lei nº 10.295, que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e, posteriormente, regulamentada pelo Decreto nº 4.059, em 2001.

Este decreto institui o Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética (CGIEE), responsável pelo estabelecimento dos níveis máximos de consumo de energia e também pelos níveis mínimos de eficiência energética.

O CGIEE é composto pelo Ministério de Minas e Energia (presidência), Ministério da Ciência e Tecnologia, Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, Agência Nacional de Energia Elétrica, Agência Nacional do Petróleo, um representante de universidade brasileira e um cidadão brasileiro (ambos especialistas em matéria de energia) (BRASIL, 2001).

Desde sua criação, além da efetiva participação do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO), distintos agentes estão envolvidos nesse programa – fabricantes, pesquisadores acadêmicos e laboratórios (PROCEL, 2015).

Após dois anos, em 2003, a Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT elabora a primeira norma técnica (NBR 15220), sobre o desempenho térmico de edificações - composta de 5 partes, direcionada à medição das propriedades dos componentes de uma edificação.

Em 2008, publica-se a NBR 15575, que abrange o desempenho das edificações em 6 partes ou requisitos: gerais, sistemas estruturais, sistemas de pisos, sistemas de vedações verticais internas e externas, sistemas de cobertura e sistemas hidrossanitários.

Estas duas normas ainda permanecem em vigor e constituem as bases técnicas sobre as quais se amparam o Selo Procel no âmbito das edificações. Ressalta-se que a NBR 15575 encontra-se na quarta edição, válida desde julho de 2013.

Em 2004, inicia-se uma parceria entre a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e a Eletrobras para o desenvolvimento dos parâmetros referenciais para a verificação do nível de eficiência energética de edificações que, posteriormente, cria o núcleo embrionário do Centro Brasileiro de Eficiência Energética de Edificações (CB3E).

Entretanto, diante da escassez de laboratórios hábeis em referenciar o desempenho de novos produtos - sem normas técnicas específicas - no mercado destinados à produção habitacional, o Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat – PBQP-H criou, em 2007, o Sistema Nacional de Aprovações Técnicas – SINAT, tendo como grande propósito o reestabelecimento

da cadeia de pesquisadores e laboratórios capacitados para esta atividade (PBQP-H, 2018).

Após dois anos, o SINAT contava com apenas duas instituições credenciadas, o Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, e o Instituto Falcão Bauer (PBQP-H, 2018).

Em 2009, o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE)³¹ cria a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE), aplicável a produtos e edificações, sendo denominada PBE Edifica para o âmbito da construção civil.

Além do PBE Edifica, mais 37 programas de Avaliação da Conformidade são coordenados em parceria com o Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural (CONPET) e o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), (PBE, [200-?])

Posteriormente, em 2010, publica-se a metodologia para a etiquetagem de edificações residenciais e, também neste ano, se revisa a publicação da metodologia de etiquetagem para edificações comerciais, públicas e de serviços, publicada originalmente no ano anterior, em 2009.

Estas publicações são resultados do segundo convênio assinado entre a UFSC e a Eletrobras, em 2008, intitulado ECV 271/2008 (PROCEL, [200-?]b).

A metodologia destinada às edificações comerciais, públicas e de serviços, é denominada Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética em Edifícios Comerciais e Públicos (RTQ-C); e a metodologia desenvolvida para as edificações residenciais denomina-se: Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética em Edificações Residenciais (RTQ-R).

Em 2012, publica-se a Portaria n.º 18 que aprova a revisão do Regulamento Técnico da Qualidade – RTQ para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais.

Para edificações residenciais, as etiquetas podem ser atribuídas a 3 tipologias: casas/apartamentos – denominadas unidades autônomas (UH), edificações multifamiliares e áreas de uso comum (elevadores, bombas, centrífugas, entre outros).

³¹ Foi um projeto criado em 1984, inicialmente pensado para o setor automotivo, e posteriormente redirecionado e rebatizado como Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE).

E, ainda, podem ser aplicadas para componentes específicos destas edificações: envoltória, sistema de iluminação/envoltória e sistema de condicionamento de ar/envoltória. Além disso, a outorga do Selo Procel Edifica pode ser concedida apenas para a etapa de projeto (válida até a conclusão da obra), o que, consequentemente, resulta em um novo procedimento para certificação da edificação construída/finalizada.

A concessão destes Selos é fornecida pela Eletrobras após a conclusão da avaliação realizada por um Organismo de Inspeção Acreditado (OIA) pelo Inmetro. (PBE, [200-?]).

Os resultados positivos obtidos pelo Procel indicam que, em 2015, este programa contribuiu para uma economia de 11,7 bilhões de quilowatts-hora (kWh), o equivalente a 2,5% de todo o consumo nacional de energia elétrica naquele ano.

Esse resultado representa o consumo anual de energia elétrica de aproximadamente 6,02 milhões de residências brasileiras. Os reflexos ambientais também foram significativos: as emissões de gases de efeito estufa evitadas pela economia proporcionada em 2015 alcançaram 1,453 milhão de toneladas de CO₂ equivalentes, o que corresponde às emissões de 499 mil veículos em um ano (ELETROBRAS, [201-?]).

A conjuntura total do programa aponta que, desde 1986, os R\$ 1,4 bilhões investidos pela Eletrobras corresponderam a uma economia de 70,1 bilhões de kWh. E, ao se considerar os recursos também aportados por fundos internacionais e da Reserva Global de Reversão (RGR), com a soma total dos investimentos em quase R\$ 3 bilhões, foi possível gerar uma economia de 107 bilhões de kWh (PROCEL, 2017).

2.6.1 Regulamento Técnico da Qualidade para o nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais – RTQ-R

O RTQ-R permite a identificação do nível de eficiência energética de edificações residenciais por meio de dois métodos: por simulação ou pelo método prescritivo. No método de simulação faz-se necessária a utilização de algum tipo de programa computacional para a modelagem e simulação da edificação em conjunto com aplicativos/plug-ins que aprimoram os resultados obtidos. Entre eles destacam-

se: *EnergyPlus* (USDOE, 2018), *SketchupMake*, *OpenStudio*, *Design Builder* e *Domus*.

No método prescritivo, o desempenho térmico é determinado por meio de equações de regressão múltipla³² que informam o equivalente numérico da envoltória (Procel et al., 2012a), no contexto da Zona Bioclimática correspondente ao estabelecido na NBR Projeto 02:135.07-001/3 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004b) e, consideram sua eficiência, exclusivamente, sob a ventilação natural das unidades de habitação (PROCEL EDIFICA et al., 2012c, p. 29).

A classificação das edificações, quanto a sua eficiência no consumo de energia, se estrutura sobre 5 etiquetas que correspondem aos níveis de eficiência energética: A, B, C, D e E –, apresentados na primeira coluna do Quadro 1. A relação entre a pontuação obtida pelas avaliações e seu respectivo nível de eficiência são apresentados na coluna 2, e o Equivalente Numérico para cada nível de eficiência na coluna 3.

Quadro 1 – Níveis de eficiência, pontuação e equivalente numérico

Nível de Eficiência	Pontuação	EqNum
A	PT \geq 4,5	5
B	3,5 \leq PT < 4,5	4
C	2,5 \leq PT < 3,5	3
D	1,5 \leq PT < 2,5	2
E	PT < 1,5	1

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

A definição das Zonas Bioclimáticas foi produto da análise das Normais Climatológicas de uma pequena amostra de municípios (330) e da interpolação dos dados climáticos para o restante do território, destinadas exclusivamente a Habitações Unifamiliares de Interesse Social (ABNT, 2004b).

Este procedimento resultou na subdivisão dos climas zonais³³ em 8 Zonas Bioclimáticas, agrupadas muito mais devido as suas diretrizes construtivas coincidentes – para o conforto térmico - que por suas similaridades climáticas. Deste modo, à cada Zona Bioclimática correspondem diretrizes construtivas que

³² Análises de regressão buscam relações matemáticas de causalidade. Onde, normalmente, uma variável é controlada enquanto a outra uma variável aleatória (BARBETTA, 2010).

³³ Clima Equatorial, Tropical Zona Equatorial, Tropical Nordeste Oriental, Tropical Brasil Central e Temperado (IBGE).

abordam 4 elementos relevantes para o conforto térmico em edificações – sombreamento, dimensões das aberturas, envoltória/parede e envoltória cobertura.

A cidade de Joinville está localizada na Zona Bioclimática 5, e a ela competem as seguintes recomendações (ABNT, 2004b): aberturas médias para ventilação, sombreamento nas aberturas, parede leve e refletora, cobertura leve isolada. Quanto às estratégias de condicionamento térmico passivo, recomendam-se: ventilação cruzada para o verão e vedações internas pesadas para o inverno.

Além da recomendação para as coberturas, a otimização do conforto térmico na Zona Bioclimática 5 pressupõe dois pré-requisitos quanto à absorção da cobertura. Na situação onde a absorção da cobertura corresponda a um valor ($\alpha \leq 0,6$), a transmitância térmica deverá ser ($U \leq 2,30$), e para a capacidade térmica (Ct) não haverá exigência. Na outra situação, onde a absorção corresponda a ($\alpha > 0,6$), a transmitância térmica deverá corresponder a ($U \leq 1,50$), e, igualmente, não haverá exigência quanto à capacidade térmica (Ct), conforme o Quadro 2.

Quadro 2 – Pré-requisitos das envoltórias para a Zona Bioclimática 5

	$\alpha \leq 0,6$ (adimensional)	$U \leq 3,70$ [W/(m ² K)]	$Ct \geq 130$ [kJ/(m ² K)]	Atendimento	Descrição
Parede	-	-	-	-	-
	$\alpha > 0,6$ (adimensional)	$U \leq 2,50$ [W/(m ² K)]	$Ct \geq 130$ [kJ/(m ² K)]	Atendimento	Descrição
Parede	-	-	-	-	-
	$\alpha > 0,6$ (adimensional)	$U \leq 3,70$ [W/(m ² K)]	Ct Sem exigência	Atendimento	Descrição
Cobertura	-	-	-	-	-
	$\alpha > 0,6$ (adimensional)	$U \leq 1,50$ [W/(m ² K)]	Ct Sem exigência	Atendimento	Descrição
Cobertura	-	-	-	-	-

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

2.6.2 Procedimentos de análise pelo RTQ-R

Nos subitens, a seguir, apresentam-se as definições das etapas já apresentadas na metodologia, assim como os parâmetros correspondentes aos índices ou percentuais mínimos – definidos pelo RTQ-R.

2.6.2.1 Definição dos ambientes de permanência prolongada

De acordo com o RTQ-R os ambientes de permanência prolongada (APP) correspondem aos ambientes de ocupação contínua, onde se incluem os

dormitórios, salas (de estar, de jantar, íntima/tv e living) e escritório. Além dos ambientes mais habituais citados pelo RTQ-R, encontraram-se ambientes como: biblioteca, atelier, sala para costura, sala para radioamadorismo, salão de jogos e saleta para costura (PROCEL, 2012a).

Ainda, segundo o RTQ-R, nas situações onde o APP possua outro ambiente adjacente e não haja a separação por paredes ou divisórias até o forro entre eles, este ambiente será considerado como extensão do APP, sendo assim, considerado em todo o procedimento de avaliação (PROCEL et al., 2012a).

2.6.2.2 Trocas térmicas na cobertura

Para Tabarelli et. al (2017), a cobertura “é a superfície opaca de onde se obtém os maiores ganhos de calor para o interior de edificações terreas”. Deste modo, diante da relevância da cobertura nas temperaturas internas das residências deste estudo, não foi adotada a absorção 0,74 fornecida pelo Manual 4.7 (PROCEL et. al, 2012a) para as telhas de fibrocimento – por não representar o estado atual das coberturas (sujeira e longa existência).

Portanto, em substituição, adotou-se a absorção 0,85, correspondente ao estado atual da cobertura (suja), obtida em um estudo desenvolvido por Silveira, Marinoski e Lamberts em 2012.

Além da absorção para uma cobertura de fibrocimento suja, estes autores, no mesmo estudo, obtiveram absorções para outros estados: telha nova (59,3), telha lavada (51,1) e telha pintada de branco (10,7) (SILVEIRA; MARINOSKI; LAMBERTS, 2012).

2.6.2.3 Ventilação natural

De acordo com (ABNT, 2013), quando não houver requisitos de ordem legal para o local de implantação da obra, para um nível de desempenho mínimo, deve ser adotado o seguinte valor para a Zona Bioclimática 5: $A \geq 7\%$ da área de piso.

Entre os demais ambientes não definidos como APP, apenas os banheiros são considerados pelo RTQ-R, o qual determina a obrigatoriedade de ventilação em 50% destes – com exceção dos lavabos (PROCEL, 2012a).

Portanto, a relação entre aberturas e a área útil do ambiente é definida pela equação a seguir, e os dados resultantes são registrados de acordo com o Quadro 3.

$$A = 100 \times (Av \div AUamb)$$

Onde:

Av é a área de ventilação natural [m²];

AUamb é a área útil do ambiente [m²];

A é a relação encontrada [%];

E é a razão entre a área mínima e a existente;

Atende é o cumprimento da área mínima pré-definida.

Quadro 3 – Exemplo de tabela para os dados de ventilação natural

APP	AUamb	Av	Amin	A ≥ 8%	E	Atende
-	-	-	-	-	-	-

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

2.6.2.4 Iluminação natural

A verificação de sua efetividade é definida pela relação entre a área útil do ambiente e a área das aberturas; para tal, segundo o Manual A 4.7 (PROCEL, 2012a), a soma das áreas de aberturas para a iluminação do ambiente deve corresponder ao mínimo de 12,5% da área útil do APP.

Em virtude das variações decorrentes dos tipos de esquadrias como deslizante, de giro, basculante, oscilobatente, máximo-ar e guilhotina, entre outras, o Anexo II – Tabela de descontos das esquadrias (PROCEL EDIFICA, 2012a) determina percentuais de aberturas correspondentes ao seu modelo. Deste modo, estes valores são considerados ao se aplicar o cálculo sobre a efetividade da iluminação natural em cada APP.

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 [%].

Isto é, na situação onde a área encontrada seja superior ao mínimo recomendado, este valor será representado pela quantidade de vezes que a supera. O Quadro 4 exemplifica a organização dos dados levantados na análise de cada UH.

Quadro 4 – Exemplo de tabela para os dados de iluminação natural

APP	AUamb	ATIN	Amin	A ≥ 12,5%	E	Atende
-	-	-	-	-	-	-

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

2.7 REVISÃO CRÍTICA DAS NORMAS NBR 15.220, NBR 15.575 E RTQ-R

Desde suas implantações, as normas NBR 15.220 (ABNT, 2005) e NBR 15.575 (ABNT, 2008) vêm sendo objeto de contribuições e revisões críticas por diversos pesquisadores, levantando questões como os critérios adotados para a tolerância dos índices de propriedades térmicas de envoltórias, a definição e divisão das zonas bioclimáticas (RORIZ, 2012), as diretrizes construtivas para algumas zonas bioclimáticas (BOGO, 2008), entre outras.

No âmbito do zoneamento bioclimático, ressalta-se a proposta de revisão realizada por Roriz (2012). Neste estudo, além de apontar a utilização da NBR 15.220 (ABNT, 2005) para além do programa original ao qual se destina – habitações com enfoque social³⁴ – este autor apontou à inconsistência dos dados climáticos das cidades, levantados por interpolações. Assim como, destacou que o agrupamento das zonas por suas recomendações construtivas acabou por reunir regiões de características climáticas pouco homogêneas.

Para Bogo (2008 *apud* BOGO; PEREIRA, 2003), o agrupamento de cidades – NBR 15.220-3 - com altitudes e rigor térmico díspares na mesma zona bioclimática como no caso de Camboriú e Chapecó, resulta em parte da ausência de dados climatológicos para o refinamento do próprio zoneamento.

Deste modo, por meio de médias mensais e anuais da temperatura média e da amplitude térmica das cidades analisadas, Roriz (2012) redefiniu a divisão do território nacional em 20 Zonas Bioclimáticas.

Em relação ao sombreamento, Bogo (2008) questiona o critério adotado pela NBR 15.220 (ABNT, 2005) para a recomendação de sombreamento nas aberturas em determinadas Zonas Bioclimáticas (4, 5, 6, 7 e 8) e sua desconsideração no caso

³⁴ A NBR 15.220 (ABNT, 2005) é adotada pela NBR 15.575 (ABNT, 2013), pelo RTQ-R (2012) e pelo RTQ-C (2009).

da ZB 3, destacando o fato do Método de Givoni (GIVONI, 1992) não abordar o controle da incidência solar em nenhuma das situações. E, conclui como “falha importante” a ausência da abordagem do controle da insolação direta, pela influência que exerce no interior das edificações.

Ainda segundo Bogo (2008), esta norma apresenta limitações por não considerar estratégias passivas de condicionamento térmico para cidades com clima subtropical, situação agravada por considerar apenas as envoltórias opacas, excluindo o fator de calor solar de elementos transparentes (janelas).

Quanto às propriedades térmicas dos materiais, Ferreira, Souza e Assis. (2017) em seu estudo sobre a NBR 15.575 apontaram que a capacidade térmica e a absorção são fatores com maior influência no conforto térmico, concluindo que a transmitância não se apresenta como um parâmetro suficiente para garantir o desempenho térmico da edificação. Em relação às coberturas, estes autores destacaram que são a transmitância térmica e absorção os fatores determinantes na eficiência desta envoltória.

Os resultados dessa discussão, que considerou também a NBR 15.220, sugerem a substituição da capacidade térmica pelo atraso térmico nas paredes e cobertura, a limitação do índice de absorção das superfícies, independentemente de sua transmitância e a adoção do fator solar na avaliação das aberturas (FERREIRA; SOUZA; ASSIS, 2017). Ainda que para Fossatti e Lamberts (2010), o fator solar dos vidros figure como a variável de menor influência na eficiência energética da envoltória.

Ainda sobre a NBR 15.220, Bogo (2016) aponta dois pontos significativos para revisão: a ausência de exigências quanto a capacidade térmica para coberturas, o que consequentemente leva a desconsiderar a influência do atraso térmico e, os altos valores para o índice mínimo de transmitância térmica permitindo coberturas sem isolamento térmico em zonas bioclimáticas onde constam rigor térmico de calor em quase a totalidade do ano. Como exemplo, Bogo (2016) destaca o fato de coberturas em telha cerâmicas sem forro atenderem os critérios mínimos estipulados para a zona bioclimática 8.

Ao final, as limitações da Norma NBR 15.220-3 identificadas por este autor concentram-se na ausência de abordagem quanto ao controle da incidência excessiva do sol nos ambientes – em períodos de calor -, elevados parâmetros de

transmitância térmica para coberturas, e, incoerências quanto a distribuição de cidades de climas díspares pertencentes à mesma zona bioclimática (BOGO, 2016).

Quanto à norma NBR 15.575, Bogo (2016) demonstra resultados inversos ao aprimoramento que deveria competir a esta norma, levando a uma limitação ainda mais restrita quanto ao desempenho térmico das edificações. Questões como a transmitância térmica e capacidade térmica de paredes externa, transmitância térmica de coberturas, e exigências limitadas de ventilação natural são abordadas de modo menos rígido.

Entretanto, para Brito et al. (2012), a NBR 15.575 (ABNT, 2008) ao excluir o projeto arquitetônico e considerar apenas as propriedades térmicas representativas dos elementos/materiais, não permite que se identifique sistemas construtivos inadequados, ainda que o edifício seja aprovado pelo método simplificado.

Em 2010, um ano após a publicação do RTQ-C, Carlo e Lamberts (2010) desenvolveram um estudo sobre o método prescritivo, demonstrando o elevado potencial de análise desta metodologia para uma variedade de casos e medidas de conservação de energia, cujas combinações são incontáveis.

Entretanto, ainda que tenha sido direcionado ao RTQ-C, Carlo e Lamberts (2010) levantaram questões críticas igualmente aplicáveis ao RTQ-R. Entre elas constam: a ausência de relação entre proteção solar e orientação da fachada, a necessidade de simular a ventilação natural, os limites de uso de diferentes volumetrias e a restrita precisão de vidros de elevado desempenho em grandes aberturas envidraçadas.

Com efeito, o contexto onde grandes aberturas envidraçadas sejam compensadas por vidros de alto desempenho e sem proteções solares, não é apropriadamente descrito pelo método prescritivo (CARLO; LAMBERTS, 2010). E, assim como outros autores, destacam maior assertividade do método de simulação ao se abordar brises e elementos mais complexos de sombreamento.

Em 2014, Cavilha e Hackenberg compararam o Procel Edifica (PROCEL, 2018) à certificação Casa Azul (CAIXA, 2010), identificando as distinções entre estes métodos, sobretudo nos pré-requisitos quanto à ventilação natural, ventilação cruzada e iluminação natural. Quanto à ventilação natural, o Procel Edifica apresenta áreas mínimas exclusivas a cada zona bioclimática, entretanto, desconsidera a natureza do APP, enquanto o Selo Casa Azul atribui áreas mínimas distintas a salas, dormitórios e cozinhas.

Em relação à ventilação cruzada, estas autoras destacam a ausência de solicitação de área mínima pelo Selo Casa Azul, enquanto o Selo Procel Edifica estabelece – para as zonas bioclimáticas de 2 a 8 - um percentual mínimo de 25% em relação às áreas de abertura para ventilação em diferentes fachadas (CAVILHA; HACKENBERG, 2014).

Analogamente à ventilação natural, o Selo Casa Azul estabelece áreas mínimas de iluminação natural exclusivas às zonas bioclimáticas 1 a 6, 7 e 8 - respectivamente: $A \geq 16\%$, $A \geq 10\%$ e $A \geq 15$, da área útil do ambiente. Enquanto para o selo Procel Edifica, a área mínima de iluminação prolongada deve corresponder a 12,5% do APP (CAVILHA; HACKENBERG, 2014).

Entretanto, apesar das distinções apresentadas, Cavilha e Hackenberg (2014) apontam que ao se tratar exclusivamente do projeto da edificação, as duas certificações apresentam relações evidentes quanto ao conforto térmico, à eficiência energética e à gestão da água. Enquanto a certificação Casa Azul (CAIXA, 2010) transcende o edifício como objeto da avaliação, expandindo-a para a qualidade urbana, práticas sociais e conservação de recursos materiais.

2.8 CONDIÇÕES CLIMÁTICAS DE JOINVILLE

De acordo com Grünberg (2014, p. 79), “para realizar um estudo do desempenho térmico de edificações é necessária a obtenção dos dados climáticos da localidade específica que se deseja avaliar”.

Quanto à cidade de Joinville, estes dados estão submetidos a fatores como: a reduzida precisão³⁵ em seus desenvolvimentos ou à impossibilidade³⁶ de obtenção dos mesmos (INFRAERO).

Por meio do estudo desenvolvido por Grünberg (2014) para a elaboração de dados climáticos para a cidade de Joinville, foram geradas as seguintes informações sobre o conforto térmico em edificações:

- a ventilação natural seria suficiente para manter o conforto térmico em 16,24% do ano;

³⁵ Além da INFRAERO, existem outras duas estações meteorológicas são mantidas em Joinville, uma pela UNIVILLE e outra pelo GRUPO RBS (GRÜNBERG, 2014).

³⁶ Grünberg (2014) e Tondo (2017) abordam a negativa à cessão gratuita destes dados – por parte da INFRAERO – mesmo sendo para uso restritamente científico.

- o resfriamento mecânico dos ambientes seria necessário em apenas 6,14% do período anual;

- as estratégias passivas mais relevantes para o desempenho térmico das edificações são a ventilação e a alta inércia térmica.

Sobre os ventos, Grünberg (2014) produziu os seguintes informações³⁷:

- as direções mais frequentes são Nor-nordeste (NNE) e Noroeste (NO);
- a velocidade mais alta oscila entre 0,5m/s e 2,1m/s;
- o período de calmaria é de 25,88% do ano.

São ainda elaboradas, pela autora, análises para cada estação do ano.

Portanto, antes à escassez de dados consistente o objetivo principal de análise das estratégias passivas, substituições e simplificações foram necessárias durante o desenvolvimento deste estudo.

³⁷ Grünberg (2014) utilizou o ano de 2011 como referência para o levantamento destes dados.

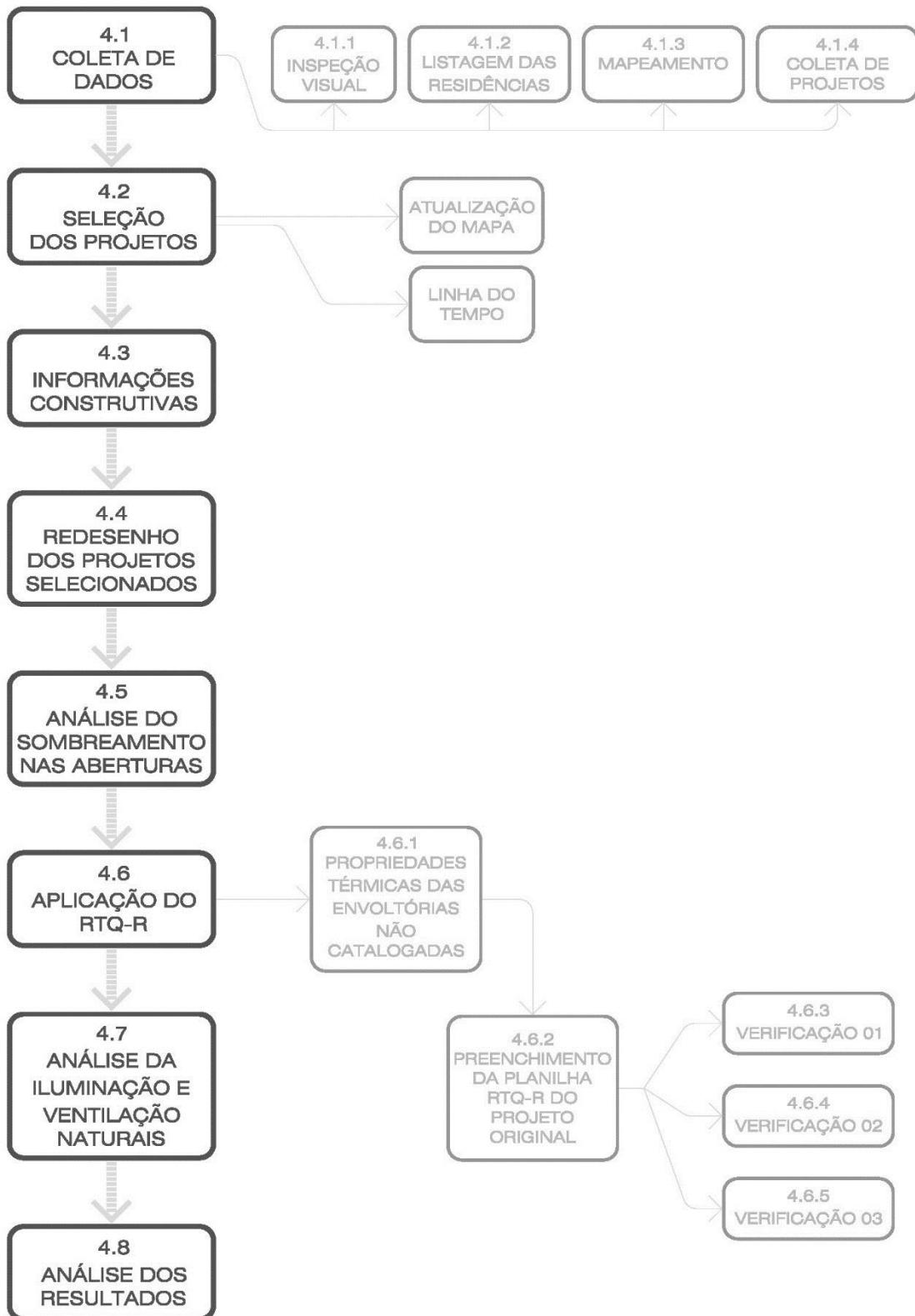
3 METODOLOGIA

Este estudo busca identificar o nível de desempenho térmico de um conjunto de residências modernas em Joinville/SC pelo método prescritivo do RTQ-R. Para tal, a pesquisa iniciou-se com a inspeção visual pelas vias, e listagem das residências possivelmente modernas. Após a elaboração desta lista, buscaram-se os projetos nos acervos públicos da Prefeitura. Posteriormente, sobre os projetos encontrados foi desenvolvida a análise teórica e formal, com o intuito de confirmar o pertencimento destas obras ao Movimento Moderno. Portanto, após o processo seletivo - submetido à existência do projeto nos acervos e à comprovação da referência histórica - foram levantados os dados construtivos necessários para o preenchimento das planilhas RTQ-R.

Finalmente, foram realizadas hipóteses, sobre o projeto original das residências, com o intuito de aclarar a relevância da cobertura, do sombreamento nas aberturas e as intervenções mínimas necessárias para conduzir cada residência à obtenção da pontuação máxima para a *Envoltória para o verão*. Assim, os procedimentos desta pesquisa são divididos em seis etapas (Figura 8):

- coleta de dados;
- seleção dos projetos;
- informações construtivas;
- redesenho dos projetos selecionados
- análise do sombreamento nas aberturas
- aplicação do RTQ-R;
- análise da iluminação e ventilação naturais
- análise dos resultados.

Figura 7 - Fluxograma da metodologia



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

3.1 COLETA DE DADOS

Esta etapa constitui-se por: inspeção visual, listagem das residências, mapeamento das residências, levantamento fotográfico, cópia impressa e digitalização dos projetos.

3.1.1 Inspeção visual

A inspeção visual foi realizada por meio da circulação pelas vias para a identificação das residências com características pertinentes ao movimento moderno, fosse por seus aspectos formais ou pela ocorrência dos elementos construtivos característicos e já referidos.

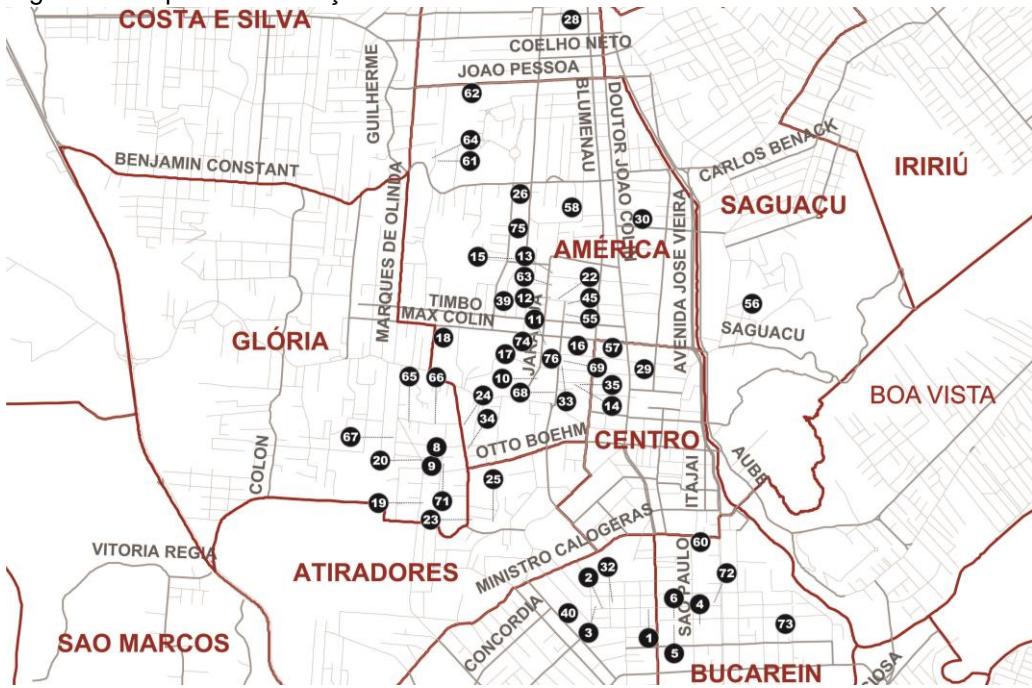
3.1.2 Listagem das residências

As residências encontradas foram numeradas, fotografadas e listadas segundo o roteiro realizado na Inspeção Visual.

3.1.3 Mapeamento

Nesta etapa gerou-se um mapa (Figura 9) para a localização de cada residência, onde se observou algumas concentrações, como nos bairros América e Bucarein.

Figura 8 - Mapa de localização das residências encontradas



Fonte: Adaptado do IPPUJ, <<http://simgeo.joinville.sc.gob.br/>>, 2017.

3.1.4 Coleta de projetos

A inexistência de residências modernistas tombadas como patrimônio histórico ou de sua inserção na lista de Unidades de Interesse de Preservação – UIP (JOINVILLE, 2016), corresponde, consequentemente, à ausência de qualquer conjunto de documentos que tenha o propósito de catalogar e concentrar estas informações.

Assim, a pesquisa para coleta dos projetos destas residências foi realizada, nos dois órgãos responsáveis pela guarda destes documentos: o Arquivo Histórico de Joinville – AHJ, e a Secretaria do Meio Ambiente de Joinville - SEMA.

Os projetos pertencentes ao AHJ datam até o ano de 1971; e as residências projetadas ou construídas a partir de 1972 encontram-se no acervo da SEMA, antiga Secretaria de Infraestrutura - Seinfra. Consequentemente, a pesquisa nestes dois acervos permitiu, também, encontrar projetos de residências modernistas não construídas.

O primeiro passo desta etapa foi a busca por dados das residências no Espelho Cadastral da Prefeitura de Joinville³⁸, usando como dado de entrada, o

³⁸ Em outubro, aproximadamente, a cessão de dados imobiliários pelo endereço foi interrompida pela Prefeitura de Joinville, sendo realizada, a partir de então, apenas com a inserção da inscrição imobiliária do imóvel.

endereço resultante da inspeção visual, resultando em informações como: proprietário atual da edificação e a inscrição imobiliária.

O segundo passo consistiu em buscar no sistema interno da SEMA – com os dados obtidos no espelho. Nos casos onde foram identificadas discrepâncias entre o registro do proprietário atual – oriundo do espelho cadastral – e o proprietário original, a busca foi direcionada para o livro de registro de projetos (em material físico)³⁹. Neste livro, pesquisou-se por meio da listagem das ruas e avenidas, o código e o ano do projeto, onde (pela data) era possível identificar o acervo correto de guarda do projeto (SEMA ou AHJ).

Os projetos encontrados aportaram informações como: inscrição imobiliária, autoria do projeto, profissão do autor, ano de aprovação para construção, primeiro proprietário, plantas, cortes, fachadas e, eventualmente, detalhes construtivos. Entretanto, alguns conjuntos de projetos não possuíam todos os planos especificados no cadastro dos respectivos órgãos.

Quanto às pesquisas arquitetônicas, sobretudo em projetos, Gastón e Rovira propõem alguns critério e, sobre a etapa inicial, defendem que

O questionamento da arquitetura que se planteia sempre comporta o processo de busca da documentação a que se refere, sobre a qual elaboraremos nossas conclusões, porém o valor do trabalho realizado não reside tanto na perícia dessa tarefa quanto na capacidade para ordenar e reordenar esse material com critérios extraídos da própria arquitetura (GASTÓN; ROVIRA, 2007, p. 11, tradução nossa).

Sobre as informações adquiridas, estas autoras ressaltam a relevância do manuseio destas informações, de caráter catalográfico, ao afirmarem ser fundamental

Manejá-lo com ordem: registrar sua origem, autor, data, suporte, tamanho, etc., já que estes dados podem aportar notícias significativas para estabelecer comparações, equivalências e sequências, e para arquivar a informação segundo diferentes critérios.

Assim mesmo, há de se manter consciência temporal respeito ao objeto que se estuda. O tempo transcorrido haverá dado lugar a um contexto social diferente ao do momento em que se concebeu a obra (GASTÓN; ROVIRA, 2007, p. 18 e 20, tradução nossa).

³⁹ Este livro de registro de projetos está disponível nos órgãos, SEMA e AHJ.

3.2 SELEÇÃO DOS PROJETOS

Nesta etapa, os projetos foram analisados sob os aspectos formais, construtivos e teóricos do Movimento Moderno. Após a definição do conjunto a ser analisado, fez-se a linha do tempo sobre este conjunto (Figura 10) e a atualização do Mapeamento das Residências (Figura 11). A seleção resultou em um conjunto de 18 residências, listadas na Tabela 1, onde foram mantidas informações como autor do projeto e registro do projeto (código e ano).

Apesar de já discutidos, retomam-se alguns dos aspectos que direcionaram o processo seletivo: traçados/eixos ordenadores, estruturas aparentes, amplas aberturas, coberturas de baixa inclinação (aparentes ou escondidas), elementos em concreto aparente (mobiliário), ausência de ornamentação nas fachadas e, finalmente, os elementos de estratégias passivas para o conforto térmico.

onde:

OO = ordem original das residências encontradas na coleta de dados;

OD = ordem estabelecida para o desenvolvimento do estudo;

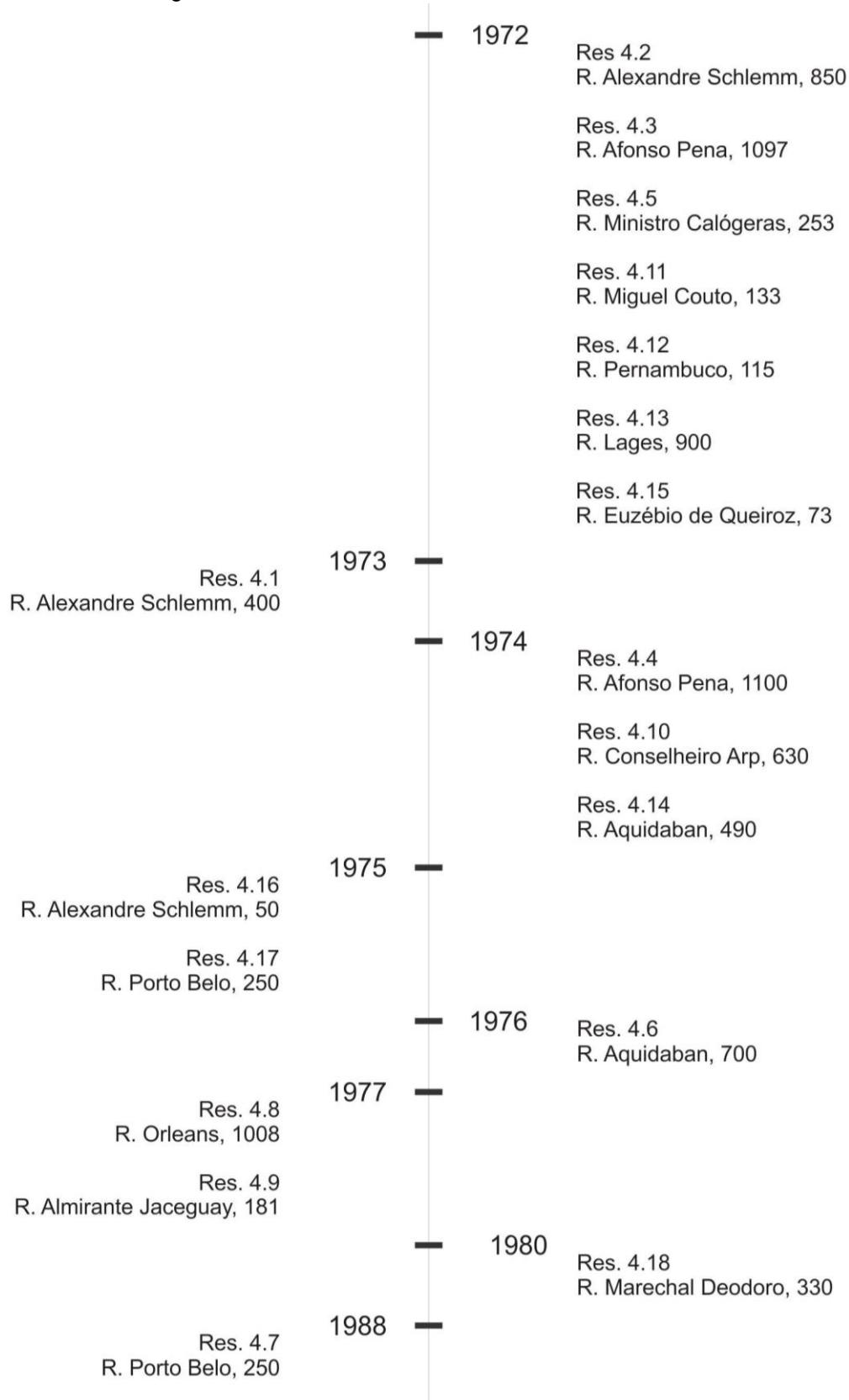
P/Ano = código e ano do projeto encontrado no acervo da SEMA.

Tabela 1 – Lista das residências selecionadas

OO	OD	Endereço	Autor do Projeto	Projeto/Ano
1	4.1	R. Alexandre Schlemm, 400	Eng. Hary Nelson Schmidt	228/1973
2	4.2	R. Alexandre Schlemm, 850	Arq. Antônio Alberto Cortez	421/1972
5	4.3	R. Afonso Pena, 1097	Arq. Luis Napoleão C. de Oliveira	342/1972
6	4.4	R. Afonso Pena, 1100	Arq. Eng. Domingos Filomeno Neto	493/1974
60	4.5	R. Ministro Calógeras, 253	Arq. Zenon S. de Braga Desch	383/1972
24	4.6	R. Aquidaban, 700	Arq. Antônio Alberto Cortez	421/1976
12	4.7	R. Jaraguá, 744	Eng. Julio Cesar Osello	1563/1988
26	4.8	R. Orleans, 1008	Arq. Luis Napoleão C. de Oliveira	432/1977
28	4.9	R. Almirante Jaceguay, 181	Arq. Francisco e Norma	1977
55	4.10	R. Conselheiro Arp, 630	Eng. Hary Nelson Schmidt	560/1974
32	4.11	R. Miguel Couto, 133	Eng. Nobuo Fukuda	1972
40	4.12	R. Pernambuco, 115	Alvaro Gayoso Neves	309/1972
33	4.13	R. Lages, 900	Arq. Luis Napoleão C. de Oliveira	206/1972
34	4.14	R. Aquidaban, 490	Arq. Antônio Alberto Cortez	416/1974
71	4.15	R. Euzébio de Queiroz, 73	Arq. Antônio Alberto Cortez	171/1972
72	4.16	R. Alexandre Schlemm, 50	Eng. Hary Nelson Schmidt	608/1975
73	4.17	R. Porto Belo, 250	Eng. Hary Nelson Schmidt	353/1975
16	4.18	R. Marechal Deodoro	Arq. Luis Napoleão C. de Oliveira	736/1980

Fonte: o autor (2016)

Figura 9 - Ordem cronológica das residências selecionadas



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Figura 10 - Mapa de localização das residências selecionadas



Fonte: Adaptado do IPPUJ, <<http://simgeo.joinville.sc.gob.br/>>, 2017.

3.3 INFORMAÇÕES CONSTRUTIVAS

Por meio do Memorial Descritivo presente no projeto arquitetônico das obras pode-se levantar parte das informações técnicas necessárias para a aplicação do RTQ-R. Contudo, devido à qualidade das informações aportadas pelos autores dos projetos, grande parte das especificações técnicas não foi indicada ou se mostrou generalista; sem atribuir modelo, fabricante ou material a estes elementos.

Assim, por meio dos projetos, foram elaboradas três tabelas, onde a primeira organizou as seguintes informações: ambientes de permanência prolongada (APP), a quantidade de pavimentos e a quantidade de banheiros (APÊNDICE A). Na segunda tabela foram organizadas as ocorrências das estratégias passivas e sua quantidade total por residência (Tabela 2).

Tabela 2 - Presença das estratégias passivas nas residências

Res.	Pérgola	Brise	Cobogó	Pátio	Muxarabi	Claraboia	Veneziana	Total
4.1	X	X		X		X		4
4.2			X	X		X	X	4
4.3	X			X		X	X	4
4.4	X			X			X	3
4.5						X	X	2
4.6						X	X	2
4.7				X		X		2
4.8	X					X	X	3
4.9	X		X	X			X	4
4.10		X					X	2
4.11						X	X	2
4.12				X			X	2
4.13	X			X	X			3
4.14							X	1
4.15							X	1
4.16	X			X		X	X	4
4.17	X			X		X	X	4
4.18	X					X	X	3

Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

Na terceira tabela (APÊNDICE B) foram organizadas as informações quanto às especificações dos materiais encontrados em cada residência, como: venezianas, claraboia, pintura, esquadrias, vidros, cobogó, cobertura, forro, espessura das paredes internas e externas, espessura da laje (indicada ou estimada) e descrição da cobertura.

3.4 REDESENHO DOS PROJETOS

Nesta etapa foi desenvolvido o redesenho das plantas baixas dos projetos no software AUTOCAD. Neste programa foram criados *layers* destinados a cada tipo de informação que pôde ser levantada e administrada isoladamente. Este procedimento, além de conservar fidelidade aos planos encontrados, permitiu conferir as áreas úteis dos ambientes e mensurar as áreas que não constavam em nenhum campo do projeto original. Os *layers* criados foram:

- AUamb: Área útil do ambiente;
- AparInt⁴⁰: Área de parede interna;

⁴⁰ Os *layers* destinados exclusivamente às informações de APP tiveram o código de cada ambiente adicionado naqueles. Para o dormitório 01, por exemplo, aplicou-se o código-AparInt DO 01.

- AparExt: Área de parede externa;
- AAb: Área de aberturas;
- AAb Norte: Área de aberturas para a orientação Norte;
- AAb Sul: Área de aberturas para a orientação Sul;
- AAb Leste: Área de aberturas para a orientação Leste;
- AAb Oeste: Área de aberturas para a orientação Oeste;
- AUcorredor: Área de circulação no APP.

Nas situações onde foram encontradas discrepâncias entre o desenho e cotas, assumiu-se como referência a dimensão medida na cópia impressa, desconsiderando-se a cota.

3.5 ANÁLISE DE SOMBREAMENTO

As análises de sombreamento foram realizadas por meio da planilha eletrônica no software Brise BR 2011, desenvolvida pelo Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética (LabAUT – USP), e de livre acesso.

Neste programa, para cada abertura, foram inseridas: a latitude, a orientação da abertura, as dimensões da abertura, as dimensões do beiral, a distância da parte superior da abertura até o beiral, a dimensão do prolongamento do beiral além da abertura, as dimensões dos anteparos verticais e suas distâncias em relação à abertura.

Devido à ausência da cidade de Joinville (latitude 26, 26º S) na planilha eletrônica Brise BR 2011, optou-se pela adoção de Curitiba (latitude 25, 25º S) como referência. A capital Florianópolis também consta na planilha (LabAUT), contudo foi preferida por estar na latitude 27, 35º S, isto é, mais distante de Joinville.

Com a inserção da latitude e orientação geográfica da abertura, geraram-se duas tabelas onde, na tabela superior são destacados os horários de incidência solar na abertura e, na tabela inferior, são apresentados os horários nos quais haverá sombreamento nas aberturas, segundo as informações aportadas relacionadas aos anteparos.

Posteriormente, as informações correspondentes ao período de exposição ao sol e ao sombreamento foram organizadas em uma planilha (de apoio) para a

obtenção do valor *somb* e subsequente inserção na planilha RTQ-R⁴¹. As informações organizadas nesta planilha de apoio estão listadas a seguir:

- orientação geográfica da abertura;
- período de incidência solar (horas/dia) - distribuído mensalmente;
- período de sombreamento (horas/dia) - distribuído mensalmente;
- percentual de sombreamento em relação ao período de incidência solar;
- determinação do *somb* pela regra de três do ANEXO I - Dispositivos de proteção solar em edificações residenciais (PROCEL EDIFICA et al., 2012b).

Na Figura 12 apresenta-se a planilha base aplicada na abertura protegida apenas por beiral, correspondente ao Dormitório 01 da Residência 4.1.

onde:

LESTE = orientação da abertura;

DO 01 P.IncSol = total de horas de incidência solar na abertura, distribuídos mensalmente (79 horas);

DO 01 P.Somb = total de horas de sombreamento na abertura, distribuídos mensalmente (22 horas);

Perc.Somb = percentual de sombreamento em relação à exposição da abertura ao sol (27,84%);

Somb (RTQ-R) = resultado final de *somb* para inserção na planilha RTQ-R (0,18).

Figura 11 - Exemplo de planilha para definição do sombreamento

	LESTE		
	DO 01 P.IncSol	DO 01 P.Somb	
JAN	7	2	
FEV	7	2	
MAR	7	2	
ABR	6	2	
MAI	6	2	
JUN	6	2	
JUL	6	0	
AGO	6	2	
SET	7	2	
OUT	7	2	
NOV	7	2	
DEZ	7	2	
	79	22	
Perc.Somb	0,278481013	Somb (RTQ-R)	0,185654

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

⁴¹ Para APP com mais de uma abertura, o *somb* foi obtido por ponderação em todas as aberturas.

Para as aberturas orientadas ao sul (sem incidência solar) ou nas aberturas sem venezianas (mas sombreadas pela própria construção), considerou-se *somb* igual a 0,5, devido ao ganho térmico por radiação.

3.6 APLICAÇÃO DO RTQ-R

Nesta etapa foram levantadas as propriedades térmicas das envoltórias não consideradas no Anexo Geral V (PROCEL, 2012a) ou na Tabela D.3 do Anexo 2 (ABNT, 2004a). Em seguida, foram levantadas as áreas de ventilação e iluminação naturais dos APPs (de cada UH) e analisadas segundo as recomendações definidas pelo RTQ-R. Posteriormente, com a inserção de todos os dados na planilha do RTQ-R (método prescritivo), obteve-se a pontuação da *Envoltória para o verão* sobre o Projeto Original das residências selecionadas.

A utilização do método prescritivo foi determinada por ser um procedimento menos oneroso e simplificado, que consiste em uma série de parâmetros predefinidos ou a calcular, que ao final indicam a eficiência do sistema; enquanto o método pela simulação é recomendado para situações onde as características do edifício não podem ser descritas apropriadamente pelo método prescritivo, devido a sua simplicidade. (CARLO, LAMBERTS, 2010).

É importante aclarar que não se teve como objetivo sugerir os procedimentos para a obtenção da etiqueta A na Classificação Final da UH. Assim, entre todos os quesitos foram desconsiderados: o aquecimento de água, a envoltória se refrigerada artificialmente e as bonificações. A análise da envoltória para o inverno foi igualmente desconsiderada por não competir à Zona Bioclimática 5.

Após a elaboração das planilhas quanto ao projeto original das obras, foram realizadas três verificações sobre estas. A primeira destinou-se a identificar o protagonismo da cobertura no conforto térmico das obras. A segunda verificação buscou identificar a relevância do sombreamento nas aberturas. A última verificação foi direcionada à obtenção da pontuação máxima sem envolver intervenções incisivas, entre elas: criação de aberturas ou alteração da área construída.

3.6.1 Levantamento das propriedades térmicas de envoltórias não catalogadas

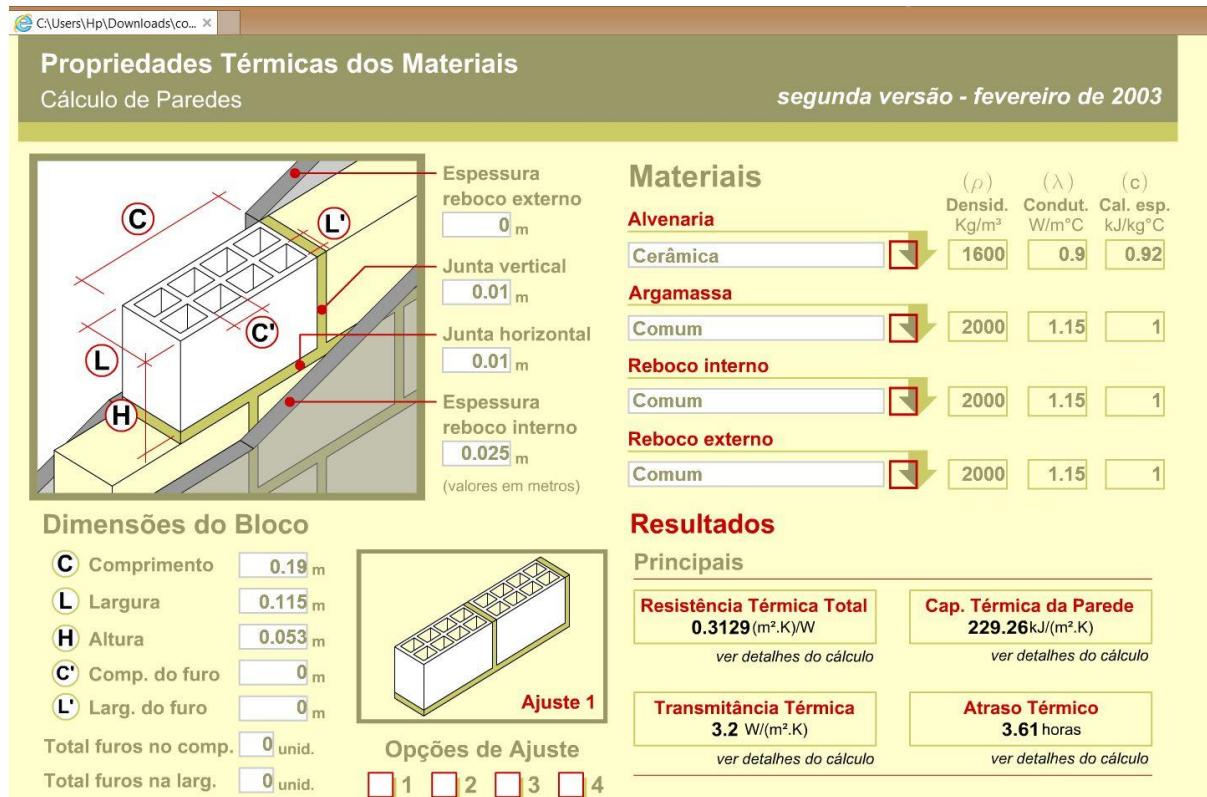
Nesta etapa foram levantadas as propriedades térmicas das envoltórias não abordadas pelos anexos das normas já citadas. Para tal, utilizou-se o software online desenvolvido por Daniel de Carvalho Moreira sob a orientação da Dra. Lucila Chebel Labaki, professora na Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP.

As paredes que necessitaram ser calculadas, são:

- Parede de concreto com espessura final de 15 cm;
- Parede de tijolo maciço com espessura final de 25 cm;
- Parede de tijolo maciço com reboco interno e espessura final de 15 cm;
- Parede de tijolo maciço com espessura final de 10 cm.

Para os APPs com variações no material das paredes externas, fez-se ponderação para obter os dados de transmitância térmica (U) e capacidade térmica (Ct). A característica construtiva: CTbaixa ou CTalta foi levantada utilizando estes mesmos dados. A Figura 13 apresenta a aplicação da planilha sobre a parede de tijolo maciço de 15 cm, com face externa aparente e face interna rebocada.

Figura 12 - Exemplo de cálculo das propriedades térmicas para envoltória de 15 cm com tijolo maciço e reboco interno



Fonte: print screen do software Propriedades Térmicas dos Materiais 2003, 2017.

3.6.2 Preenchimento da planilha RTQ-R do Projeto Original

Após a coleta das informações obtidas nos procedimentos prévios, preencheu-se a planilha de apoio à classificação do nível de eficiência energética de edificações (PBE EDIFICA, 2016). Conforme comentado anteriormente, para as coberturas de fibrocimento, foi considerado a absorção de 0,85.

Nos projetos onde não constaram especificações precisas dos materiais relacionados às envoltórias, foram adotadas informações contidas no Anexo Geral V (PROCEL EDIFICA et al., 2012a) para a especificação da cobertura – Descrição 10, e a Tabela D.3 do Anexo D (ABNT, 2003) para a especificação das paredes de espessura final de 15 e 20cm.

Na ausência da especificação da pintura externa, considerou-se o acabamento com tinta látex PVA fosca, correspondente ao número 39 do Anexo Geral V (PROCEL EDIFICA et al., 2012a).

3.6.3 Verificação 01

Com o intuito de identificar a relevância da cobertura (alumínio, cerâmica e fibrocimento) no desempenho térmico sobre o Projeto Original do conjunto de residências, reduziu-se o valor da absorção das mesmas. Em termos práticos, a alteração deste dado corresponde à aplicação de nova pintura sobre as coberturas existentes no Projeto Original.

Segundo Lamberts, Pereira e Dutra (2014) entre os procedimentos que podem ser adotados quanto à redução das transferências de calor pela cobertura estão: adoção de isolamento térmico, ventilação do ático e aumento da refletância da superfície – pela alteração de sua cor.

Ante os possíveis impactos que os procedimentos abordados acima gerariam, optou-se pela alteração da cor (pintura) da cobertura por ser uma prática habitual na construção civil e devido à facilidade de sua execução, sem causar alterações construtivas nas obras selecionadas.

Assim, para as coberturas de fibrocimento foi considerada a tinta acrílica, devido à aplicabilidade sobre este material, segundo o mercado da construção civil. Posteriormente, dentre a gama de coloração branca, com absorções variando de 0,102 a 0,372 (PROCEL EDIFICA, 2012a), os valores extremos foram

desconsiderados e assumiu-se o número 51 – tinta acrílica fosca branca gelo, $\alpha = 0,297$. Em relação às coberturas de alumínio, o valor de absorância adotado corresponde a $\alpha = 0,281$ (PROCEL EDIFICA, 2012a), devido à aplicabilidade da tinta Látex PVA sobre o alumínio.

3.6.4 Verificação 02

Nesta etapa verificou-se o incremento sobre a pontuação final de cada obra por meio da aplicação de proteções externas nas aberturas sem venezianas, identificadas no Projeto Original. Assim como na Verificação 01, pretendeu-se aclarar a relevância de um elemento isolado para o desempenho térmico das UH, neste caso, o sombreamento das aberturas. Em termos práticos, esta verificação se daria pela instalação de toldos verticais ou persianas de pvc (em rolo) nas referidas aberturas. Na planilha RTQ-R, alterou-se o dado de entrada do índice de sombreamento para 1,0 nos APPs que apresentaram *somb* correspondente a zero ou 0,5.

3.6.5 Verificação 03

Esta verificação destinou-se a identificar as alterações necessárias para a atribuição da etiqueta A as 18 residências. Este procedimento se iniciou pela aplicação conjunta das verificações 01 e 02 e, posteriormente, nas situações onde a etiqueta A não foi obtida, outras alterações foram aplicadas, como: alteração na cor das paredes ou a substituição das janelas do projeto original pelas do tipo máximo-ar.

3.7 ANÁLISE DA VENTILAÇÃO NATURAL E ILUMINAÇÃO NATURAL

Por meio de uma planilha, foram inseridas as áreas de aberturas e áreas úteis de cada APP e obtidos dois resultados. O primeiro foi definido pela relação entre as áreas de abertura para iluminação ou ventilação e a área útil do ambiente. O segundo resultado apontou a quantidade de vezes em que a área da abertura existente supera a área mínima recomendada pelo RTQ-R. Na Tabela 3, apresenta-se o exemplo da planilha aplicada, neste caso, no Dormitório 01 da Residência 4.1.

onde:

Ailum = área de iluminação existente no APP;

AUamb = área útil do ambiente

Amín = área mínima requerida para iluminação e ventilação do APP;

AV = área de ventilação existente no APP;

Resultado = percentual da abertura existente em relação à área útil do APP;

Relação = quantidade de vezes em que a área mínima recomendada pelo RTQ-R é superada pela área da abertura existente no APP.

Tabela 3 - Exemplo de planilha para o cálculo das áreas de aberturas para ventilação e iluminação naturais

RESIDÊNCIA 7.1				
DO 01 - Iluminação				
		Ailum	Auamb	Amín
		3,99	18,55	2,31875
resultado	21,50943	%		
relação	1,720755			
DO 01 - Ventilação				
		AV	Auamb	Amín
		2,24	18,55	1,484
resultado	12,07547	%		
relação	1,509434			

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

6.8 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Em seguida, fez-se uma análise comparativa entre o desempenho existente e os desempenhos obtidos pelas simulações/verificações. Para isto, foram contrapostos os valores e etiquetas obtidos nos indicadores de Graus-hora para resfriamento. Sobre os resultados obtidos pelas verificações e o projeto original das residências, pretendeu-se:

- obter a média de recursos de estratégias passivas utilizados;
- obter a pontuação média das residências segundo o projeto original;
- encontrar a residência com o melhor índice de conforto térmico segundo o projeto original;
- obter a média de incremento no conforto térmico segundo a verificação 01;
- identificar a residência com melhor aproveitamento na verificação 01;
- obter a média de incremento no conforto térmico segundo a verificação 02;
- identificar a residência com melhor aproveitamento na verificação 02;

- obter a média de incremento no conforto térmico segundo a verificação 03;
- identificar a residência com melhor aproveitamento na verificação 03;
- identificar possível relação entre etiquetas e áreas de iluminação/ventilação naturais;
- identificar possível correlação entre quantidade de recursos construtivos (estratégias passivas) e pontuação final.

4 DESENVOLVIMENTO

Com o intuito de favorecer o acompanhamento das informações gráficas e de evitar a repetição de informações que apareceriam em cada tópico do desenvolvimento, optou-se por apresentar antecipadamente os critérios que ordenaram a apresentação dos planos de cada UH.

As plantas baixas das residências apresentam três indicações circulares na lateral direita. A primeira delas corresponde unicamente a apontar a direção do norte e as seguintes, a indicar a orientação dos ventos. A segunda indicação apresenta a orientação dos ventos predominantes diurnos – norte e nordeste; a terceira indicação trata dos ventos predominantes noturnos – vindos do sul e sudoeste.

Outra medida adotada correspondeu às residências de dois pavimentos. Nos casos onde se identificou pavimento sem nenhum APP, optou-se por não apresentá-lo. Este procedimento foi aplicado nas residências, 4.8, 4.15 e 4.18.

4.1 RESIDÊNCIA 4.1

Figura 13 - Fachada frontal da Residência 4.1



Fonte: SESTREM, 2015.

Nesta residência encontram-se quatro recursos construtivos voltados para o conforto térmico e à redução do consumo de energia, como se observa na Figura 15. No âmbito do conforto térmico identifica-se o pátio no Living, o pátio no Estar Íntimo e, no Escritório, a pérgola e o *brise-soleil*.

Quanto à redução do consumo de energia, principalmente de iluminação artificial, foram adotadas: as claraboias no Lavabo e no banheiro da zona íntima e a pérgola na garagem, diante do acesso principal (Hall). No caso da claraboia situada

no banheiro, aclara-se que ela se encontra na envoltória orientada ao leste, no mesmo volume onde se encontra a caixa d'água; e apesar de ser portar como uma abertura protegida por veneziana fixa conveniou-se denominá-la claraboia.

Já no contexto do sombreamento, duas situações devem ser apontadas, na primeira, observa-se que os brise-soleils e a pérgola adotados no Escritório não exercem sua efetividade máxima devido a sua disposição em relação à abertura e à orientação solar. Isto se dá devido à distância de 1,80 m entre o *brise* e a abertura, e à orientação perpendicular da pérgola em relação ao leste.

A segunda constatação aponta para as duas situações onde o beiral, por apresentar sua menor profundidade (0,10 m), recebeu um recurso compensatório. No Living o autor adotou um pátio, com profundidade de 1,75 m e intensa vegetação. Enquanto no Escritório utilizou a pérgola – já comentada.

No contexto da ventilação natural, de acordo com o projeto original, observou-se a aplicação de aberturas do piso ao teto, com exceção da envoltória na zona de serviço (face oeste). No APP Living, constatou-se a utilização de bandeiras entre o limite das portas-janelas (2,10 m) e a laje da cobertura.

Em termos construtivos, destacam-se os elementos estruturais expostos de concreto armado (Figura 14), e também as pérgolas e *brise*, segundo as mesmas condições. Quanto às envoltórias, segundo o projeto arquitetônico, identifica-se apenas no Escritório a espessura de 10 cm, enquanto no restante da residência o autor adotou a espessura de 20 cm (Tabela 5).

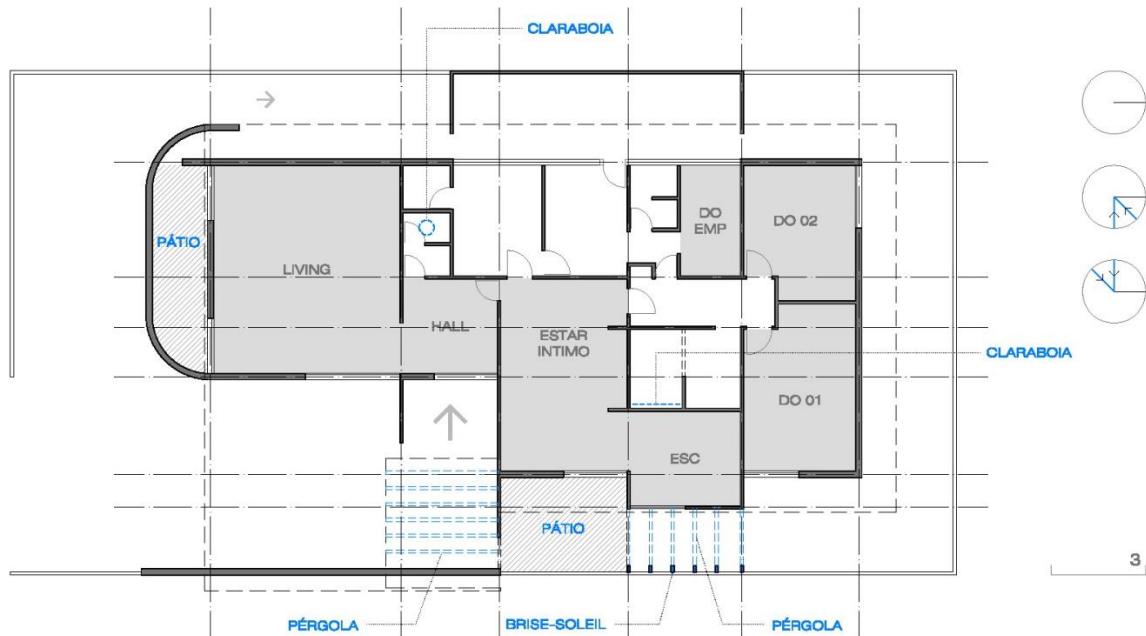
Em virtude da influência dos recursos construtivos sobre os APPs, foram desconsideradas na análise as claraboias e a pérgola localizada na garagem, pela impossibilidade de serem verificadas pelo método prescritivo. Assim, são assumidos como recursos ativos (para análise), os pátios, a pérgola e o *brise-soleil*. A Tabela a seguir apresenta os dados cadastrais levantados sobre esta residência. Na Tabela 6 são apresentados os APPs analisados e suas respectivas áreas.

Tabela 4 - Informações cadastrais da Residência 4.1

Localização	R. Alexandre Schlemm, 400 - Bucarein
Ano do projeto	1973
Autor	Eng. Harry Nelson Schmidt
Orientação da fachada frontal	Sul

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Figura 14 – Planta Baixa da Residência 4.1



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Tabela 5 - Características construtivas da Residência 4.1

Paredes externas	20 cm
Paredes internas	10 cm
Tipo de alvenaria	Não especificado
Cobertura	Fibrocimento (tipo ondulada, 6 mm)
Laje da Cobertura	10 cm
Pintura externa	Não especificada
Venezianas	Inexistente
Vidros	Não especificados
Claraboias	Não especificadas
Forro	Inexistente
Beirais	1,00 e 1,10 m

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Tabela 6 - Programa de necessidades da Residência 4.1

Ambientes	Área (m ²)	APP
Dormitório 01	18,55	X
Dormitório 02	11,90	X
Dormitório Empregada	6,46	X
Estar Íntimo/Escrítorio	34,90	X
Living /Hall	48,00	X

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.1.1 Análise do projeto original

Os resultados obtidos corresponderam à pontuação 2,86 e etiqueta C para a *Envoltória para Verão* (Tabela 7). Devido à ausência de venezianas no projeto

arquitetônico, optou-se por sua inexistência, ainda que este tipo de proteção tenha sido encontrado nos demais projetos do mesmo autor.

Para as aberturas situadas no Living adotou-se *somb* 1,0 devido à ação conjunta do muro e da vegetação já comentados anteriormente.

O sombreamento, calculado nas demais aberturas, apresentou maior efetividade no Dormitório da Empregada (oeste), protegendo a abertura em 56% durante o período de incidência solar. O Dormitório 02 apresentou o menor período de sombreamento entre todos os APPs levantados (Tabela 8).

Os pré-requisitos das áreas para ventilação natural e iluminação natural foram cumpridos. Notou-se, também, que a etiqueta *E*, obtida pela Sala de Estar Íntimo/Escrítorio, não conduziu ao resultado geral inferior à etiqueta *C*, obtida pelos APPs com melhores índices. A Tabela 7 apresenta os valores e o atendimento dos pré-requisitos.

Tabela 7 - Pré-requisitos das envoltórias da Residência 4.1

	$\alpha \leq 0,6$ (adimensional)	$U \leq 3,70$ [W/(m ² K)]	$Ct \geq 130$ [kJ/(m ² K)]	Atendimento	Descrição
Parede	0,11	1,85	161	Sim	-
	$\alpha > 0,6$ (adimensional)	$U \leq 1,50$ [W/(m ² K)]	Ct Sem exigência	Atendimento	Descrição
Cobertura	0,85	2,06	233	Não	Nº 9 ⁴²

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Tabela 8 - Percentual de sombreamento e orientação das aberturas da Residência 4.1

APP	Período de sombreamento (%)	Orientação	Somb RTQ-R
Dormitório 01	27	N	0,18
Dormitório 02	21	L	0,14
Dormitório Empregada	56	O	0,37
Estar Íntimo/Escrítorio	35	L	0,15
Living/Hall	100	S, L	1

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Tabela 9 - Etiquetagem dos APPs do projeto original da Residência 4.1

APP	α_{Cob} 0,85	GHR
Dormitório 01	C	11025
Dormitório 02	D	11899
Dormitório Empregada	C	9607
Estar Íntimo/Escrítorio	E	15296
Living/Hall	C	9353
Resultado da envoltória	C	11436

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

⁴² ANEXO GERAL V (PROCEL et. al, 2012a)

4.1.2 Verificação 01

A redução do α_{Cob} para 0,29 apresentou aprimoramento médio de 38,50%, correspondendo ao *GHR* médio de 7159. O APP Living/Hall apresentou a melhor efetividade nesta hipótese – 68,21%, correspondendo à única etiqueta A. Os resultados finais correspondem à etiquetagem *B* e à pontuação 4,43 (Tabela 10).

Tabela 10 - Etiquetagem dos APPs da Verificação 01 da Residência 4.1

APP	α_{Cob} 0,29	GHR	Efetividade (%)
Dormitório 01	B	7228	34,43
Dormitório 02	C	8685	27,01
Dormitório Empregada	B	6870	28,48
Estar Íntimo/Escritório	C	10039	34,36
Living/Hall	A	2973	68,21
Resultado da envoltória	B	7159	38,50

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.1.3 Verificação 02

Os resultados gerados pela aplicação de *somb* igual a 1,0 em todas as aberturas evidenciam menor efetividade (32,03%) quando comparados aos gerados pela alteração na cor da cobertura (38,50%). Apesar do incremento no desempenho, a etiqueta final desta verificação permaneceu C, enquanto a pontuação subiu para 3,0. O *GHR* médio foi de 8402 (Tabela 11).

Tabela 11 - Etiquetagem dos APPs da Verificação 02 da Residência 4.1

APP	Somb (1,0)	GHR	Efetividade (%)
Dormitório 01	B	7180	34,87
Dormitório 02	B	7951	33,17
Dormitório Empregada	B	6541	31,91
Estar Íntimo/Escritório	C	10988	28,16
Living/Hall	C	9353	00,00
Resultado da envoltória	C	8402	32,03

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.1.4 Verificação 03

Para a obtenção da etiqueta total A foi aplicado α_{Cob} 0,29 e *somb* 1,0 em todas as aberturas. Entretanto, com estas alterações, o APP Sala de Estar Íntimo/Escritório obteve etiqueta B (Tabela 12). O *GHR* médio encontrado foi de 4130 e a efetividade do sistema foi sofreu aprimoramento médio de 64,09% sobre o

projeto original desta obra. A etiqueta obtida com esta verificação foi *A* e sua pontuação 5,0.

Para a obtenção de etiqueta *A* na Sala de Estar Íntimo/Escritório, seria necessário reduzir a absorção da cobertura para 0,23, correspondendo a *GHR* de 5196.

Tabela 12 - Etiquetagem dos APPs da Verificação 03 da Residência 4.1

APP	Conforto térmico	GHR	Efetividade (%)
Dormitório 01	A	3383	69,31
Dormitório 02	A	4737	60,18
Dormitório Empregada	A	3804	60,40
Estar Íntimo/Escritório	B	5756	62,36
Living/Hall	A	2973	68,21
Resultado da envoltória	A	4130	64,09

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.1.5 Iluminação natural

A relação entre a área mínima pré-definida e a existente que apresentou o menor valor correspondeu ao Dormitório 01, ainda assim, sua área para iluminação superou em quase três vezes o recomendado (Tabela 13). O APP Living/Hall apresentou a maior área para iluminação em relação ao valor mínimo definido pelo RTQ-R.

Tabela 13 - Comparaçao entre áreas de iluminação existentes e mínimas da Residência 4.1

APP	AUamb	ATIN	Amin	A ≥ 12,5%	E	Atende
Dorm 01 Suíte	18,55	3,99	2,31	21,50	1,72	Sim
Dorm 02	11,90	4,5	1,48	37,81	3,02	Sim
Dorm Emp	6,46	1,52	0,80	23,52	1,88	Sim
SI Est Int/Bib	34,90	8,54	4,36	26,46	1,95	Sim
Living/Hall	48,00	20,54	6	42,79	3,42	Sim

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.1.6 Ventilação natural

Houve o atendimento de todos os APPs quanto as áreas mínimas, e no Dormitório 02 identificou-se a maior relação entre o mínimo pré-estabelecido e a área existente: 3,38 (Tabela 14).

Tabela 14 - Comparação entre áreas de ventilação existentes e mínimas da Residência 4.1

APP	AUamb	Av	Amin	A ≥ 8%	E	Atende
Dorm 01 Suíte	18,55	2,24	1,48	12,07	1,50	Sim
Dorm 02	11,90	3,22	0,95	27,05	3,38	Sim
Dorm Emp	6,46	1,52	0,51	23,52	2,94	Sim
SI Est Int/Bib	34,90	4,8	2,79	13,75	1,71	Sim
Living /Hall	48,00	12,06	3,84	25,12	3,14	Sim

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.2 RESIDÊNCIA 4.2

Figura 15 - Fachada frontal da residência 4.2



Fonte: SESTREM, 2015.

Esta residência está implantada em um lote retangular (de aproximadamente 29,00 x 39,00m), com sua fachada frontal orientada ao sul (Figura 16), e os fundos voltados ao norte. Paralelamente ao passeio estão dispostas, a zona social (à direita), parte da zona íntima (escritório e sala de estar), a garagem e o acesso ao setor de serviço. Na parte posterior desse volume, que ocupa a largura total do terreno, estão situados os demais ambientes da zona de serviços e churrasqueira – à esquerda –; e a zona íntima – à direita (Figura 17).

Os ventos diurnos predominantes (nordeste e norte) resultam eficientes apenas nos dormitórios, pois os demais ambientes não possuem aberturas voltadas para esta orientação. Quanto aos ventos noturnos – de incidência sudoeste e oeste – os ambientes mais favorecidos situam-se na zona de serviço; e com menor grau de favorecimento, a Sala de Costura e o Dormitório 04, orientados ao oeste.

A localização centralizada da Sala de Jantar lhe permite articular todos os fluxos da residência: a circulação dos dormitórios, a circulação da zona de serviços, o acesso ao pátio central e zona social através do hall.

Quanto aos quatro dormitórios da área íntima, três possuem suas aberturas orientadas ao leste, enquanto o quarto dormitório está voltado ao oeste. A separação entre o volume dos dormitórios e o volume dos ambientes de serviço é definida por um pátio que assume a mesma largura do escritório, situado na porção frontal da residência.

Devido à dimensão constante dos beirais em toda a residência, de 80 cm (Tabela 16), nota-se que esse recurso não se ajusta às particularidades resultantes do movimento solar. Deste modo, acaba-se por empregar a mesma solução em contextos distintos - fachada oeste *versus* fachada sul. Além dos beirais, observam-se outras medidas quanto ao sombreamento. De acordo com o projeto, verificam-se a utilização de venezianas de madeira, de cobogós (entre a lavanderia e o pátio exclusivo da área de serviço) e de aberturas situadas logo abaixo do beiral em ambientes de permanência reduzida. As duas claraboias situadas nas extremidades da circulação dos dormitórios permitem o acesso de iluminação natural e de ventilação em um ambiente sem acesso ao exterior. Do mesmo modo, assume-se esta solução para o lavabo, situado no hall. Quanto aos aspectos construtivos, convém ressaltar a utilização de envoltórias de 20 cm em todas as orientações, e as variações nas coberturas – relacionando-se aos níveis internos. A tabela a seguir (Tabela 15) apresenta os dados obtidos na etapa inicial da pesquisa. Na Tabela 17 podem ser observados os APPs analisados nesta residência.

Tabela 15 - Informações cadastrais da residência 4.2

Localização	Rua Alexandre Schlemm, 850 - Bucarein
Ano do projeto	1972
Autor	Arq. Antônio Alberto Cortez
Orientação da fachada frontal	Sul

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Tabela 16 - Características construtivas da Residência 4.2

Paredes externas	20 cm
Paredes internas	10 cm
Tipo de alvenaria	Tijolo cerâmico (10x20x20)
Cobertura	Telha de Alumínio (incl. 3%)
Laje da Cobertura	10 cm
Pintura externa	PVA
Venezianas	Madeira Imbuia
Vidros	3 mm
Claraboia	Acrílica, de ventilação permanente
Forro	Inexistente
Beirais	0,80 m

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Figura 16 – Planta Baixa da Residência 4.2



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Tabela 17 - Programa de necessidades da Residência 4.2

Ambientes	Área (m ²)	APP
Dormitório 01 - Suíte	17,60	X
Dormitório 02	12,09	X
Dormitório 03	8,68	X
Dormitório 04	12,09	X
Dormitório Empregada	6,20	X
Escritório/Biblioteca	9,90	X
Living	32,80	X
Sala de Estar/Jantar	40,79	X
Sala de Costura	7,00	X

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.2.1 Análise do projeto original

De acordo com a Figura 17, observa-se a atuação de apenas dois recursos de estratégias passivas entre os quatro recursos encontrados; as venezianas existentes nos dormitórios e os patios vinculados à Sala de Jantar e Dormitório de Empregada. Isto se deve à desassociação das claraboias e cobogó com ambientes de permanência prolongada. Quanto aos pré-requisitos (Tabela 18), constatou-se o cumprimento de todos, entre eles: as envoltórias (cobertura/parede), banheiros ventilados e áreas mínimas para iluminação/ventilação naturais. Observou-se, também, que a proteção solar gerada unicamente pelo beiral não comprometeu

incisivamente a etiquetagem final da UH (*B*); ainda que o APP Living tenha recebido etiqueta *D* - devido as duas aberturas orientadas ao oeste (Tabela 19). Os dados finais encontrados quanto a *Envoltória para o Verão* foram: pontuação final (3,58), etiqueta *B* e *GHR* médio de 7584 (Tabela 21).

Tabela 18 – Pré-requisitos das envoltórias da Residência 4.2

	$\alpha \leq 0,6$ (adimensional)	$U \leq 3,70$ [W/(m ² K)]	$Ct \geq 130$ [kJ/(m ² K)]	Atendimento	Descrição
Parede	0,26	1,92	202	Sim	Tabela D.3 ⁴³
	$\alpha \leq 0,6$ (adimensional)	$U \leq 2,30$ [W/(m ² K)]	Ct Sem exigência	Atendimento	Descrição
Cobertura	0,52	1,82	169	Sim	Nº 17 ⁴⁴

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Tabela 19 – Percentual de sombreamento e orientação das aberturas da Residência 4.2

APP	Período de sombreamento (%)	Orientação	Somb RTQ-R
Dormitório 01 – Suíte	100	L	1
Dormitório 02	100	L	1
Dormitório 03	100	O	1
Dormitório 04	100	L	1
Dormitório Empregada	30,37	O	0,20
Escritório/Biblioteca	81,57	S	0,54
Living	45,65	S, O	0,34
Sala de Estar/Jantar	49,51	N, S	0,33
Sala de Costura	27,84	O	0,18

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Tabela 20 – Etiquetagem dos APPs do projeto original da Residência 4.2

APP	α_{Cob} 0,52	GHR
Dormitório 01 – Suíte	B	6255
Dormitório 02	A	4879
Dormitório 03	B	6108
Dormitório 04	A	4847
Dormitório Empregada	C	11260
Escritório/Biblioteca	B	5911
Living	D	12353
Sala de Estar/Jantar	B	5911
Sala de Costura	C	11130
Resultado da envoltória	B	7584

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.2.2 Verificação 01

Identificou-se a inalteração de etiquetas em dois APPs – Sala de Costura e Dormitório da Empregada –, assim como a alteração da etiqueta *D* para *C* no Living.

⁴³ ANEXO 2 (ABNT, 2004a)

⁴⁴ ANEXO GERAL V (PROCEL et. al, 2012a)

O incremento de 22,03% no desempenho térmico desta verificação apresentou-se como o valor mais baixo em toda as verificações que trataram do clareamento das coberturas. Atribui-se como causa o valor da absorção da cobertura no projeto original de 0,52, e sua proximidade com a absorção desta verificação (0,28). Com isso, a etiqueta final permaneceu *B* e sua pontuação subiu para 4,29. A média *GHR* gerada nesta verificação foi de 6113 (Tabela 21).

Tabela 21 – Etiquetagem dos APPs da Verificação 01 da Residência 4.2

APP	α_{Cob} 0,28	GHR	Efetividade (%)
Dormitório 01 – Suíte	A	4755	23,98
Dormitório 02	A	3548	27,28
Dormitório 03	A	4889	19,95
Dormitório 04	A	3516	27,46
Dormitório Empregada	C	10124	10,08
Escritório/Biblioteca	A	4652	21,29
Living	C	10334	16,34
Sala de Estar/Jantar	A	3233	41,40
Sala de Costura	C	9967	10,44
Resultado da envoltória	B	6113	22,03

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.2.3 Verificação 02

Com a aplicação de sombreamento total constatou-se a alteração de etiquetas em cinco APPs: Dormitório de Empregada, Escritório/Biblioteca, Living, Sala de Estar/Jantar e Sala de Costura. O desempenho térmico analisado apresentou melhoria de 37,43%. Contudo, a etiqueta final manteve-se em *B* (Tabela 22) e sua pontuação foi 0,03 ponto superior à pontuação da verificação 01. O *GHR* médio foi de 5836 e sua pontuação final foi 4,32.

Tabela 22 – Etiquetagem dos APPs da Verificação 02 da Residência 4.2

APP	Somb (1,0)	GHR	Efetividade (%)
Dormitório 01 – Suíte	B	6255	00,00
Dormitório 02	A	4879	00,00
Dormitório 03	B	6108	00,00
Dormitório 04	A	4847	00,00
Dormitório Empregada	B	7414	34,15
Escritório/Biblioteca	A	4125	30,21
Living	C	8730	29,32
Sala de Estar/Jantar	A	3139	43,11
Sala de Costura	B	7029	36,84
Resultado da envoltória	B	5836	34,73

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.2.4 Verificação 03

Para a obtenção da etiquetagem A, aplicou-se α_{Cob} 0,28 em toda a cobertura e $somb = 1,0$ nos APPs: Living, Sala de Costura e Dormitório de Empregada. Mesmo nos APPs com etiqueta A, fez-se a alteração da absorção na cobertura, diante da incongruência em se pintar apenas partes da cobertura. Ainda assim, nestes três APPs citados, a etiqueta obtida foi B. Contudo, a etiquetagem final obtida foi A. O desempenho térmico foi aprimorado em 34,28%, o que levou à pontuação 4.64 (A) e ao GHR médio de 5093 (Tabela 23).

A alteração da absorção das paredes para 0,11, levaria os APPs – Living e Sala de Costura à etiqueta A, com os respectivos GHR: 5093 e 4978. A aplicação da mesma absorção para α_{Par} 0,11 no Dormitório de Empregada não alterou a etiqueta B (GHR 5399).

Tabela 23 - Etiquetagem dos APPs da Verificação 03 da Residência 4.2

Etiquetagem da verificação 03			
APP	Conforto térmico	GHR	Efetividade (%)
Dormitório 01 - Suíte	A	4755	23,98
Dormitório 02	A	3548	27,28
Dormitório 03	A	4889	19,95
Dormitório 04	A	3516	27,46
Dormitório Empregada	B	6277	44,25
Escritório/Biblioteca	A	4652	21,29
Living	B	6711	45,67
Sala de Estar/Jantar	A	2681	51,41
Sala de Costura	B	5867	47,28
Resultado da envoltória	A	5093	34,28

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.2.5 Iluminação natural

Como se observa na Tabela 24, todos os APPs cumpriram as áreas mínimas e encontrou-se no APP Escritório/Biblioteca a maior relação quanto ao mínimo sugerido (3,74).

Tabela 24 - Comparação entre áreas de iluminação existentes e mínimas da Residência 4.2

APP	AUamb	ATIN	Amin	A ≥ 12,5%	E	Atende
Dorm 01 Suíte	17,16	2,28	2,14	13,28	1,06	Sim
Dorm 02	12,09	2,28	1,51	18,85	1,50	Sim
Dorm 03	8,68	2,28	1,08	26,26	2,10	Sim
Dorm 04	12,09	2,28	1,51	18,85	1,50	Sim
Dorm Emp	6,20	1,34	0,77	21,61	1,72	Sim
Escritório/Biblioteca	9,90	4,64	1,23	46,86	3,74	Sim
Living	32,80	13,92	4,1	42,43	3,39	Sim
Sala Est/Jan	40,79	14,89	5,09	36,50	2,92	Sim
Sala de Costura	7,00	1,92	0,87	27,42	2,19	Sim

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.2.6 Ventilação natural

Apenas o Dormitório 01 (suíte) não cumpriu a área mínima recomendada (Tabela 25) e o ambiente Living apresentou, proporcionalmente, as aberturas mais amplas para ventilação natural. Identificam-se nos APPs da zona social, as maiores superações das áreas mínimas recomendadas, quando contrapostas aos demais dormitórios.

Tabela 25 - Comparação entre áreas de ventilação existentes e mínimas da Residência 4.2

APP	AUamb	Av	Amin	A ≥ 8%	E	Atende
Dorm 01 Suíte	17,60	1,28	1,37	7,45	0,93	Não
Dorm 02	12,09	1,28	0,96	10,58	1,32	Sim
Dorm 03	8,68	1,28	0,69	14,74	1,84	Sim
Dorm 04	12,09	1,28	0,96	10,58	1,32	Sim
Dorm Emp	6,20	0,79	0,49	12,74	1,59	Sim
Escritório/Biblioteca	9,90	2,61	0,79	26,36	3,29	Sim
Living	32,80	9,36	2,62	28,53	3,56	Sim
Sala Est/Jan	40,79	8,37	3,26	20,51	2,56	Sim
Sala de Costura	7,00	1,92	0,56	27,42	3,42	Sim

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.3 RESIDÊNCIA 4.3

Figura 17 - Fachada frontal da Residência 4.3



Fonte: Google Street View, 2011.

Esta obra projetada pelo arquiteto Luis Oliveira compõe, com outras cinco, um conjunto de 6 residências projetadas em 1972 (Tabela 26); que corresponde ao registro mais antigo na amostragem desta pesquisa; deste conjunto, 4 obras foram projetadas por este arquiteto.

O volume frontal da residência contém as zonas social e de serviço, ocupando toda a largura do lote; a zona social localizada à esquerda e a zona de serviço à direita (Figura 18). Esta zona, conta com uma segunda circulação (externa) que permite, também, o acesso aos pátios no centro do lote.

Em seguida, a sala de estar íntimo e copa, agrupadas, separam a zona social e íntima - situada no extremo oposto da residência. A decisão de centralizar estes dois ambientes resulta em uma circulação única que atravessa transversalmente a residência, e permitem também a circulação entre os pátios leste e oeste.

De acordo com a forma da residência (aproximada à letra T) e sua implantação no lote, reconhece-se a atenção que foi prestada a duas estratégias passivas para o conforto térmico em edificações, ventilação natural e sombreamento.

Na zona social, a disposição de amplas aberturas nas faces norte e sul favorecem a ventilação natural por meio dos ventos predominantes - nordeste e norte – (PROJEEE, 2018). Permitem também que a ventilação cruzada que se origina neste ambiente possa se delocar pelo ambiente central da residência.

As amplas aberturas desta zona são protegidas beirais nas duas orientações; na face norte, o beiral projetado pelo autor possui a profundidade de 2,25 m; enquanto o beiral sobre a abertura sul possui a profundidade de 1,0 m.

Os mesmos critérios de proteção solar da zona social são aplicados à zona de serviço, entretanto, a cobertura na face norte prolonga-se por 4 m além da parede externa que a define. Assim, sugere-se que esta situação tenha levado à adoção de iluminação zenital na cobertura sobre a cozinha e lavanderia.

Na zona intermediária da residência, as aberturas compreendem toda a extensão do ambiente e por estarem em envoltórias opostas favorecem a ventilação cruzada. Porém, ressalta-se que estas aberturas estão orientadas para as faces leste e oeste, e possuem a mesma resposta quanto à insolação: beirais de 1,40 e pérgolas de 8 cm de espessura, distantes entre si por 1,41 m (Figura 19).

Entende-se neste projeto, como em outros desenvolvidos pelo arquiteto, que a utilização das pérgolas demonstram o propósito maior de delimitar espaços externos, que a participar no sombreamento das estruturas.

Na zona íntima, os dormitórios foram dispostos na face leste e suas aberturas competem a 50% da envoltória, e que devido às portas de correr, acabam por liberar toda a área para ventilação e iluminação naturais.

Estas aberturas recebem proteções por venezianas de madeira e por beiral com profundidade de 1,0 m. No escritório, voltado à face oeste, sua abertura é protegida por um beiral de 2,0 m, sem contar com venezianas.

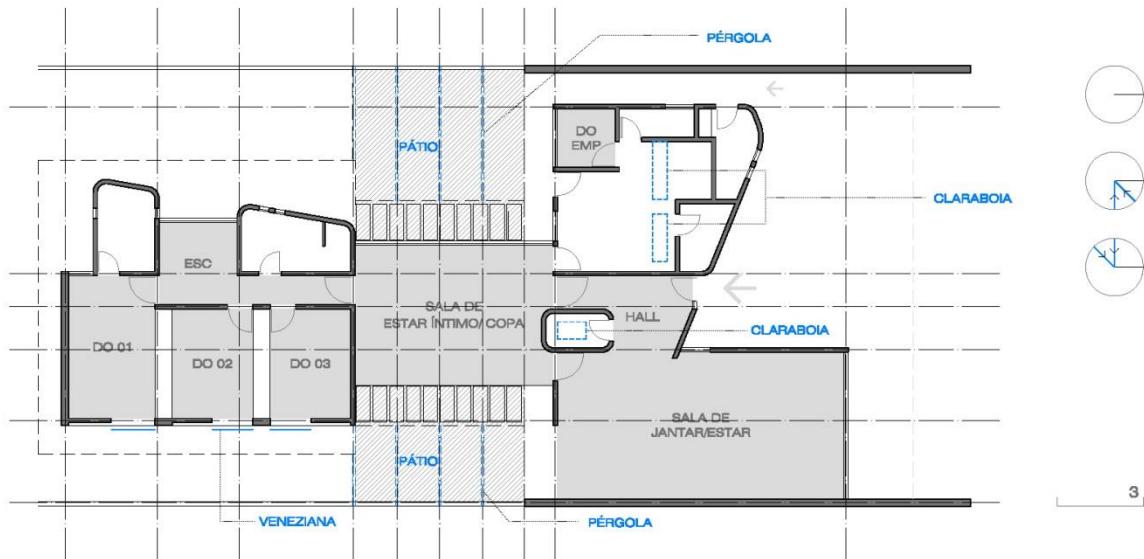
Quanto às características construtivas, destacam-se a utilização da laje lisa com vigas invertidas, as formas cônicas que marcam a caixa d'água e a abertura zenital do lavabo, as paredes curvas adotadas nos banheiros, lavabo e área de serviço, e as paredes de 25 cm nas divisas, na face leste dos dormitórios e na face sul do dormitório 01 – suíte (Tabela 27). A Tabela 28 apresenta todos os APPs analisados nesta UH, e a Tabela 29 relaciona as estratégias passivas levantadas no projeto original desta residência.

Tabela 26 - Informações cadastrais da Residência 4.3

Localização	Rua Afonso Pena, 1097 - Bucarein
Ano do projeto	1972
Autor	Arq. Luis Napoleão Carias de Oliveira
Orientação da fachada frontal	Norte

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Figura 18 – Planta Baixa da Residência 4.3



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Tabela 27 - Características construtivas da Residência 4.3

Paredes externas	15 cm e 25 cm
Paredes internas	15 cm
Tipo de alvenaria	Não Especificada
Cobertura	Fibrocimento (Telha Maxiplac)
Laje da Cobertura	8 cm
Pintura externa	Não Especificada
Venezianas	Madeira – Correr
Vidros	Não Especificada
Claraboia	Não especificada
Forro	Inexistente
Beirais	1,00 m

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Tabela 28 - Programa de necessidades da Residência 4.3

Ambientes	Área (m ²)	APP
Dormitório 01 - Suíte	14,85	X
Dormitório 02	10,64	X
Dormitório 03	10,64	X
Dormitório Empregada	4,06	X
Escritório	11,64	X
Sala de Estar/Jantar	59,81	X
Sala de Estar Íntimo/Copa	32,90	X

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Tabela 29 - Recursos construtivos para o conforto térmico da Residência 4.3

Elemento	Presença	Localização
Pérgolas	X	Estar Íntimo/Copa
Brise-soleil	-	-
Pátios	X	Estar Íntimo/Copa
Cobogós	-	-
Claraboias	X	Cozinha, Lavanderia e Lavabo
Venezianas	X	Dormitórios 01, 02 e 03
Muxarabi	-	-

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.3.1 Análise do projeto original

O Dormitório 02 se apresenta como o único APP a obter a etiqueta A, ainda que como os outros dormitórios (zona íntima), esteja orientado ao leste. Vê-se a ausência de paredes externas como o fator responsável por este resultado.

Entre os sete APPs desta residência, dois tiveram seu *somb* alterado para 0,5, sendo responsáveis pelos dois maiores valores de *GHR*: Dormitório de Empregada (0,89) e Sala de Jantar/Estar (0,83) (Tabela 31). Os dados finais encontrados quanto a *Envoltória para o Verão* foram: pontuação final de 2,30, etiqueta *D* e *GHR* médio de 9068 (Tabela 32). Na Tabela 30 pode-se observar os valores e o atendimento das envoltórias quanto aos pré-requisitos.

Tabela 30 - Pré-requisitos das envoltórias da Residência 4.3

	$\alpha \leq 0,6$ (adimensional)	$U \leq 3,70$ [W/(m ² K)]	$Ct \geq 130$ [kJ/(m ² K)]	Atendimento	Descrição
Parede	0,11	2,28	168	Sim	Tabela D.3 ⁴⁵
	$\alpha > 0,6$ (adimensional)	$U \leq 1,50$ [W/(m ² K)]	Ct Sem exigência	Atendimento	Descrição
Cobertura	0,74	2,06	233	Não	Nº 9 ⁴⁶

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Tabela 31 - Percentual de sombreamento e orientação das aberturas da Residência 4.3

APP	Período de sombreamento (%)	Orientação	Somb RTQ-R
Dormitório 01 – Suíte	100	L	1
Dormitório 02	100	L	1
Dormitório 03	100	L	1
Dormitório Empregada	89,47	S	0,5
Escritório	44,30	O	0,29
Sala de Estar/Jantar	83,76	N, S	0,46
Sala de Estar Íntimo/Copa	30,37	L, O	0,20

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

⁴⁵ ANEXO 2 (ABNT, 2004a)

⁴⁶ PROCEL et.al (2012a)

Tabela 32 - Etiquetagem dos APPs do projeto original da Residência 4.3

APP	Etiquetagem do projeto original	
	α_{Cob} 0,85	GHR
Dormitório 01 - Suíte	B	5394
Dormitório 02	A	4631
Dormitório 03	B	7468
Dormitório Empregada	C	10308
Escritório	C	11309
Sala de Estar/Jantar	D	12788
Sala de Estar Íntimo/Copa	D	11584
Resultado da envoltória	D	9068

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.3.2 Verificação 01

Com exceção do Dormitório 02 (etiqueta A no projeto original), os demais ambientes tiveram sua etiqueta alterada (Tabela 33), onde a etiqueta mínima correspondeu a B. Observou-se no Escritório, orientado ao oeste, o menor aproveitamento (28,21%). E no Dormitório 01 o melhor desempenho. A pontuação final desta verificação foi 4,02, etiqueta B e GHR médio de 5087.

Tabela 33 - Etiquetagem dos APPs da Verificação 01 da Residência 4.3

APP	α_{Cob} 0,29	GHR	Efetividade (%)
Dormitório 01 - Suíte	A	1921	64,38
Dormitório 02	A	1528	67,00
Dormitório 03	A	4365	41,55
Dormitório Empregada	B	7782	24,50
Escritório	B	8118	28,21
Sala de Estar/Jantar	B	5372	57,99
Sala de Estar Íntimo/Copa	B	6529	43,63
Resultado da envoltória	B	5087	46,75

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.3.3 Verificação 02

O sombreamento total nas aberturas sem proteção, apresentou menor efetividade (38,31%) quando comparada à Verificação 01 (46,75%). O melhor aprimoramento foi observado na Sala de Estar Íntimo/Copa (77,70%) (Tabela 34). Tal fato se deve a este APP apresentar aberturas na largura total do ambiente, voltadas para leste e oeste. Os resultados finais obtidos são: etiqueta C, pontuação 3,0 e GHR médio de 6547. Como já apontado anteriormente, esta verificação considerou apenas os ambientes não sombreados no projeto original.

Tabela 34 - Etiquetagem dos APPs da Verificação 02 da Residência 4.3

APP	Somb (1,0)	GHR	Efetividade (%)
Dormitório 01 - Suíte	B	5394	0,00
Dormitório 02	A	4631	0,00
Dormitório 03	B	7468	0,00
Dormitório Empregada	B	8307	19,41
Escritório	B	7240	35,98
Sala de Estar/Jantar	C	10207	20,18
Sala de Estar Íntimo/Copa	A	2583	77,70
Resultado da envoltória	C	6547	38,31

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.3.4 Verificação 03

Além das aplicações da Verificação 01 e 02, foi necessário alterar o *Fevent* do Dormitório de Empregada para 1,0, para a obtenção da etiqueta A para a UH. Com este ajuste, o desempenho térmico foi aprimorado em 69,78% (Tabela 35). Os demais resultados são descritos a seguir: etiqueta A, pontuação (4,50) e *GHR* médio 2449.

Ao se considerar o *Fevent* 0,50, o Dormitório de Empregada receberia etiqueta B e apresentaria *GHR* 5781, levando à etiquetagem geral B (4,47). A redução da α_{Cob} para 0,16 também permitiria a obtenção da etiqueta A (*GHR* 5194).

Tabela 35 - Etiquetagem dos APPs da Verificação 03 da Residência 4.3

APP	Conforto térmico	GHR	Efetividade (%)
Dormitório 01 - Suíte	A	1921	64,38
Dormitório 02	A	1528	67,00
Dormitório 03	A	4365	41,55
Dormitório Empregada	A	4967	51,81
Escritório	A	4049	64,19
Sala de Estar/Jantar	A	2791	78,17
Sala de Estar Íntimo/Copa	A	-2473	121,34
Resultado da envoltória	A	2449	69,78

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.3.5 Iluminação natural

Houve atendimento em todos os APPs e destaca-se a amplitude da abertura no Dormitório de Empregada – orientado a sul, sendo a segunda maior relação de superação da área mínima recomendada (Tabela 36).

Tabela 36 - Comparação entre áreas de iluminação existentes e mínimas da Residência 4.3

APP	AUamb	ATIN	Amin	A ≥ 12,5%	E	Atende
Dorm 01 Suíte	14,85	6,32	1,85	42,55	3,40	Sim
Dorm 02	10,64	4,26	1,33	40,03	3,20	Sim
Dorm 03	10,64	4,26	1,33	40,03	3,20	Sim
Dorm Emp	4,06	2,10	0,50	51,72	4,13	Sim
Biblioteca	11,64	4,10	1,45	35,22	2,81	Sim
SI Est/Jan	59,81	19,81	7,47	33,12	2,64	Sim
SI Est Int/Copa	32,90	20,49	4,11	62,27	4,98	Sim

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.3.6 Ventilação natural

Identificou-se na Sala de Estar/Jantar a menor área para ventilação nesta amostra, ainda que apresente quase o dobro da área recomendada (1,99), conforme a Tabela 37. E, como se observa na Figura 19, os ventos da orientação nordeste sofreriam determinado grau de bloqueio pelas paredes de divisa neste APP.

Tabela 37 - Comparação entre áreas de ventilação existentes e mínimas da Residência 4.3

APP	AUamb	Av	Amin	A ≥ 8%	E	Atende
Dorm 01 Suíte	14,85	6,31	1,18	42,49	5,31	Sim
Dorm 02	10,64	4,26	0,85	40,03	5,00	Sim
Dorm 03	10,64	4,26	0,85	40,03	5,00	Sim
Dorm Emp	4,06	2,10	0,32	51,72	6,46	Sim
Biblioteca	11,64	2,30	0,93	19,75	2,46	Sim
SI Est/Jan	59,81	9,56	4,78	15,98	1,99	Sim
SI Est Int/Copa	32,90	33,01	2,63	100,33	12,54	Sim

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.4 RESIDÊNCIA 4.4

Figura 19 - Fachada frontal da Residência 4.4



Fonte SESTREM, 2015.

Esta residência, projetada pelo arquiteto-engenheiro Domingos F. Neto (Tabela 38) se destaca na amostragem pesquisada por seu conjunto de particularidades estruturais, construtivas e na disposição dos ambientes.

Quanto à estrutura, destacam-se as vigas que cruzam o lote no seu menor sentido (transversalmente) e se apoiam nos muros de divisa. Com isto, além da estruturação da própria residência, estes elementos reforçam a presença dos pátios nas laterais da edificação.

Ainda, estas vigas dão suporte ao beirais que variam entre 0,90 e 1,70 m (Tabela 39), assim como às vigas transversais que cumprem a função de platibanda nos beirais, e podem ser entendidas como pérgolas – na face norte – ainda que como elemento sombreador seja pouco significativo (Figura 20).

Em quase a totalidade da residência as vigas da cobertura são invertidas, conformando calhas de concreto armado. Em outras situações, a saliência da viga recebe o encontro das esquadrias, assumindo um desenho em “L”.

Na organização dos ambientes, nota-se o alinhamento das paredes internas sobre eixos horizontais que evidenciam um propósito ordenador (Figura 21). Outra observação a ser destaca é localização da varanda/churrasqueira adjacente à zona íntima, acessível pela circulação que leva aos dormitórios e também pela zona de serviços. As demais particularidades competem aos jardins com elementos em concreto aparente, onde destaca-se o jardim que se encontra na porção nordeste do lote. Este espaço constituía-se por banco e floreira em concreto aparente e um pequeno espaço com piso de tijolos furados.

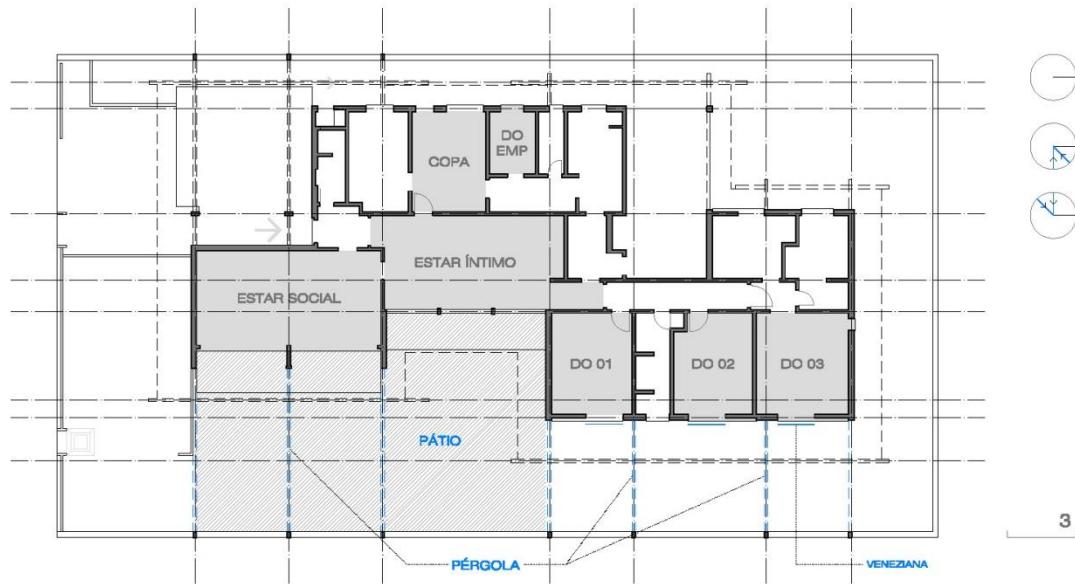
Apesar da impossibilidade de visitação, esta obra apresenta intervenções significativas e evidentes ao se analisar o projeto original, sendo a mais incisiva o fechamento do pátio em frente a Sala de Estar Social. Na Tabela 41 são indicados todos os elementos de estratégias passivas e suas localizações segundo os ambientes que os contém. A Tabela 40 apresenta os APPs avaliados e suas respectivas áreas.

Tabela 38 - Informações cadastrais da Residência 4.4

Localização	Rua Afonso Pena, 1100 - Bucarein
Ano do projeto	1974
Autor	Arq. Eng. Domingos Filomeno Neto
Orientação da fachada frontal	Leste

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Figura 20 - Planta Baixa da Residência 4.4



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Tabela 39 - Características construtivas da Residência 4.4

Paredes externas	25 cm
Paredes internas	15 cm
Tipo de alvenaria	-
Cobertura	Fibrocimento (Canalete – 90)
Laje da Cobertura	12 cm
Pintura externa	Base d'água
Venezianas	Não Especificadas
Vidros	Não Especificados
Claraboia	Inexistente
Forro	Inexistente
Beirais	0,9; 1,20 e 1,70 m

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Tabela 40 - Programa de necessidades da Residência 4.4

Ambientes	Área (m ²)	APP
Dormitório 01 – Suíte	15,75	X
Dormitório 02	15,53	X
Dormitório 03	20,40	X
Dormitório Empregada	5,40	X
Sala de Estar	32,80	X
Sala de Estar Íntimo	32,94	X
Copa	13,92	X

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Tabela 41 - Recursos construtivos para o conforto térmico da Residência 4.4

Elemento	Presença	Localização
Pérgolas	X	Sala de Estar, Sala de Estar Íntimo, Dormitórios 01, 02 e 03
Brise-soleil	-	-
Pátios	X	Sala de Estar e Sala de Estar Íntimo
Cobogós	-	-
Claraboias	-	-
Venezianas	X	Dormitórios 01, 02 e 03
Muxarabi	-	-

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.4.1 Análise do projeto original

Como se observa na Tabela 42, o pré-requisito das envoltórias foi cumprido apenas quanto às paredes, um feito habitual nas residências onde constam coberturas de fibrocimento.

Apesar da Sala de Estar Social e Sala de Estar Íntimo apresentarem aberturas com áreas aproximadas (Tabela 48), mesma orientação e mesmo *somb* (Tabela 43), observou-se que a envoltória orientada ao oeste (Figura 21) foi determinante para a etiqueta *E* atribuída à Sala de Estar Social. Contudo, deve-se aclarar que esta envoltória apesar de sombreada pela cobertura da garagem justaposta à sala, não pode ser considerada na planilha RTQ-R.

O sombreamento nas aberturas dos dormitórios (etiquetas *B*) não se mostrou suficiente para a obtenção da etiqueta *A* – situação que se mostrou habitual nos dormitórios das demais residências. Quanto ao sombreamento gerado pelos beirais, a maior eficácia foi identificada na Sala de Estar, correspondendo a 44% do período de exposição das aberturas à incidência solar. Os resultados finais corresponderam à etiqueta final *C*, pontuação 2,5 e *GHR* médio de 9324 (Tabela 44).

Tabela 42 - Pré-requisitos das envoltórias da Residência 4.4

	$\alpha \leq 0,6$ (adimensional)	$U \leq 3,70$ [W/(m ² K)]	$Ct \geq 130$ [kJ/(m ² K)]	Atendimento	Descrição
Parede	0,11	1,61	232	Sim	Tabela D.3 ⁴⁷
	$\alpha > 0,6$ (adimensional)	$U \leq 1,50$ [W/(m ² K)]	Ct Sem exigência	Atendimento	Descrição
Cobertura	0,85	1,79	180	Não	Nº 10 ⁴⁸

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

⁴⁷ ANEXO 2 (ABNT, 2004a)

⁴⁸ ANEXO GERAL V (PROCEL et. al, 2012a)

Tabela 43 - Percentual de sombreamento e orientação das aberturas da Residência 4.4

APP	Período de sombreamento (%)	Orientação	Somb RTQ-R
Dormitório 01 - Suíte	100	L	1
Dormitório 02	100	L	1
Dormitório 03	100	L	1
Dormitório Empregada	36,70	O	0,24
Sala de Estar Social	44,30	L	0,29
Sala de Estar Íntimo	36,70	L	0,24
Copa	36,70	O	0,24

Fonte: o autor (2017)

Tabela 44 - Etiquetagem dos APPs do projeto original da Residência 4.4

APP	α_{Cob} 0,85	GHR
Dormitório 01 - Suíte	B	6118
Dormitório 02	B	5259
Dormitório 03	B	5916
Dormitório Empregada	C	11074
Sala de Estar	E	15588
Sala de Estar Íntimo	C	10823
Copa	C	10495
Resultado da envoltória	C	9324

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.4.2 Verificação 01

Por meio da alteração na cobertura observou-se a inalteração da etiqueta final da UH. Entretanto, confirmou-se a etiquetagem A nos dormitórios da zona íntima, chegando ao aprimoramento de 60,61% sobre o desempenho térmico do projeto original. No Dormitório de Empregada identificou-se o menor percentual de aprimoramento (23,30%), evidenciando o protagonismo da abertura orientada ao oeste e sem proteção. O incremento gerado com esta verificação resultou em 44,16%. A etiqueta final permaneceu C, a pontuação subiu para 3,36 e o GHR médio correspondeu a 5665 (Tabela 45).

Tabela 45 - Etiquetagem dos APPs da Verificação 01 da Residência 4.4

APP	α_{Cob} 0,29	GHR	Efetividade (%)
Dormitório 01 - Suíte	A	2747	55,09
Dormitório 02	A	1905	63,77
Dormitório 03	A	2191	62,96
Dormitório Empregada	C	8493	23,30
Sala de Estar Social	C	10918	29,95
Sala de Estar Íntimo	B	6143	43,24
Copa	B	7264	30,78
Resultado da envoltória	C	5665	44,16

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.4.3 Verificação 02

De acordo com os valores obtidos nesta verificação (Tabela 46), observou-se como o sombreamento nas aberturas obteve maior êxito na Sala de Estar Íntimo (leste) e Copa (oeste). Ou seja, os mesmos ambientes com melhor desempenho na verificação 01. Os resultados finais obtidos são: etiqueta final C, pontuação 2,75 e GHR médio 7083. O aprimoramento do conforto apenas dos APPs não sombreados no projeto original foi de 33,49%.

Tabela 46 - Etiquetagem dos APPs da Verificação 02 da Residência 4.4

APP	Somb (1,0)	GHR	Efetividade (%)
Dormitório 01 - Suíte	B	6118	0,00
Dormitório 02	B	5259	0,00
Dormitório 03	B	5916	0,00
Dormitório Empregada	B	7447	32,75
Sala de Estar Social	D	11567	25,79
Sala de Estar Íntimo	B	6644	38,61
Copa	B	6630	36,82
Resultado da envoltória	C	7083	33,49

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.4.4 Verificação 03

A Sala de Estar Social foi o único APP a não obter a etiqueta A (Tabela 47), ainda que se tenha alterado o F_{vent} para 1,0 e reduzido a absorção da cobertura para 0,11. Outra hipótese considerou uma nova abertura de 1,00 m² para norte e para sul, resultando na etiqueta A e no GHR 4872. Contudo, a etiquetagem final permaneceu B (4,21). Deste modo, mantiveram-se as mesmas alterações aplicadas nos outros APPs: α_{Cob} 0,29 e somb 1,0. Os resultados obtidos são: etiqueta final B (3,96), GHR médio de 3423, e aprimoramento de 63,30% sobre o projeto original.

Tabela 47 - Etiquetagem dos APPs da Verificação 03 da Residência 4.4

APP	Conforto térmico	GHR	Efetividade (%)
Dormitório 01 - Suíte	A	2747	55,09
Dormitório 02	A	1905	63,77
Dormitório 03	A	2191	62,96
Dormitório Empregada	A	4865	56,06
Sala de Estar Social	B	6897	55,75
Sala de Estar Íntimo	A	1963	81,86
Copa	A	3399	67,61
Resultado da envoltória	B	3423	63,30

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.4.5 Iluminação natural

O Dormitório de Empregada foi o único APP a não cumprir a área mínima ($2,05\text{ m}^2$), com isso, alcançou apenas 80% dos $2,55\text{ m}^2$ recomendados. As aberturas nesta residência, com exceção de uma pequena disposta no Dormitório 01(orientada ao norte), estão orientadas apenas para leste ou oeste (Tabela 48).

Tabela 48 - Comparação entre áreas de iluminação existentes e mínimas da Residência 4.4

APP	AUamb	ATIN	Amin	$A \geq 12,5\%$	E	Atende
Dormitório 01 - Suíte	15,75	2,05	1,96	13,01	1,04	Sim
Dormitório 02	15,53	2,05	1,94	13,20	1,05	Sim
Dormitório 03	20,40	2,05	2,55	10,04	0,80	Não
Dormitório Empregada	5,40	0,97	0,67	17,96	1,43	Sim
Sala de Estar	32,80	15,70	4,10	47,86	3,82	Sim
Sala de Estar Íntimo	32,94	13,20	4,11	40,07	3,20	Sim
Copa	13,92	2,17	1,74	15,58	1,24	Sim

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

7.4.6 Ventilação natural

Os três dormitórios situados na zona íntima não atenderam às áreas mínimas, chegando ao máximo de 82% da recomendação (Tabela 49). Encontrou-se, no Dormitório 03, índice singular na amostragem desta pesquisa, a correspondência de 5,0% entre a área do piso do APP e a área da abertura. A Sala de Estar superou em mais de três vezes a área mínima recomendada (3,36).

Tabela 49 - Comparação entre áreas de ventilação existentes e mínimas da Residência 4.4

APP	AUamb	Av	Amin	$A \geq 8\%$	E	Atende
Dormitório 01 - Suíte	15,75	1,02	1,26	6,47	0,80	Não
Dormitório 02	15,53	1,02	1,24	6,56	0,82	Não
Dormitório 03	20,40	1,02	1,63	5,00	0,62	Não
Dormitório Empregada	5,40	0,67	0,43	12,40	1,55	Sim
Sala de Estar	32,80	8,83	2,62	26,92	3,36	Sim
Sala de Estar Íntimo	32,94	7,42	2,63	22,52	2,81	Sim
Copa	13,92	1,22	1,11	8,76	1,09	Sim

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.5 RESIDÊNCIA 4.5

Figura 21 - Fachada frontal da Residência 4.5



Fonte: Google Street View, 2011.

Esta residência, projetada em 1972 (Tabela 50), contém soluções pouco habituais quando comparada às demais obras do conjunto analisado (Figura 22). Encontram-se aqui, divisões de ambientes feitas por marcenaria (armários), entre os dormitórios e a circulação íntima e outro armário maior que setoriza a cozinha, o hall e as salas de estar e jantar; todos ambientes no pavimento superior (Tabela 52).

Evidentemente, ante a ausência de detalhes construtivos ou informações no memorial descritivo (Tabela 51), não se pode estender a discussão sobre o contexto no qual se deu a decisão da utilização de móveis no lugar de alvenaria convencional nos referidos ambientes.

Contudo, Bruand identifica a adoção deste recurso nas primeiras obras do arquiteto Rino Levi – em sua própria casa (1944-1946) e na Casa Milton Guper (1951-1953); “os próprios quartos agora são separados por armários com o fundo revestido por uma camada de lã de vidro, o que permite uma perfeita flexibilidade e um ganho de espaço ao mesmo tempo que assegura o necessário isolamento acústico (BRUAND, 2006, p. 275).

Na suíte, identifica-se que a divisão entre closet e área de dormir, realizada por portas de correr, favorece a ventilação natural, ao atravessar totalmente o ambiente e por consequência, toda a edificação. No aspecto construtivo, apontam-se à decisão de utilizar um volume cônico na circulação vertical (Figura 23) e a caixa d’água. Ainda, abaixo da laje onde se apoia a caixa d’água, o arquiteto adotou pequenas aberturas para iluminar naturalmente a escadaria em seu interior.

Destacam-se também as circulações externas, frontal e posterior, no pavimento superior, que assumem toda a largura do terreno. À circulação frontal compete conectar os dormitórios, cozinha e sala, orientados à testada do lote. Enquanto a circulação posterior, além de conter o único acesso ao pavimento superior, conecta os ambientes, suíte, sala e saleta de costura.

Quanto às estratégias passivas para conforto, destacam-se a proteção de todas as aberturas orientadas ao norte, com venezianas de madeira, além da proteção do beiral, alinhado com o guarda-corpo da varanda. Na fachada sul, o arquiteto projetou venezianas apenas nas aberturas da suíte e na abertura da sala, ainda assim, esta face também é auxiliada pelo beiral quanto à incidência solar.

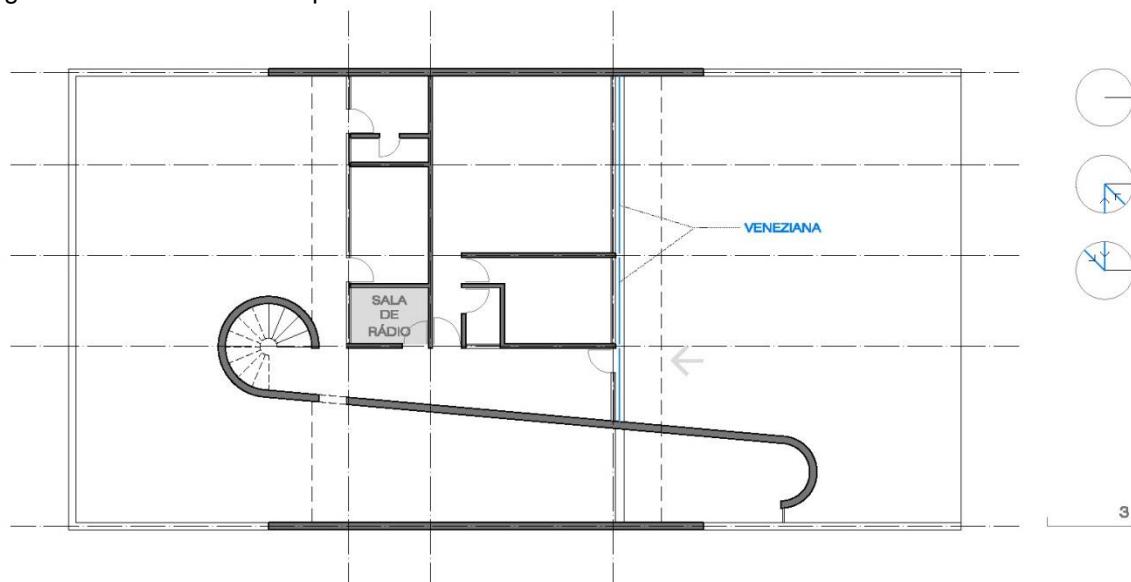
Além da iluminação zenital sobre a escada, o arquiteto situou na circulação íntima uma abertura com as dimensões que este corredor apresenta diante dos dois dormitórios menores. Deste modo, permite a iluminação zenital em um ambiente sem contato com as fachadas (Figura 24).

Tabela 50 - Informações cadastrais da Residência 4.5

Localização	R. Ministro Calógeras, 253 - Bucarein
Ano do projeto	1972
Autor	Arq. Zenon Segundo de Braga Desch
Orientação da fachada frontal	Norte

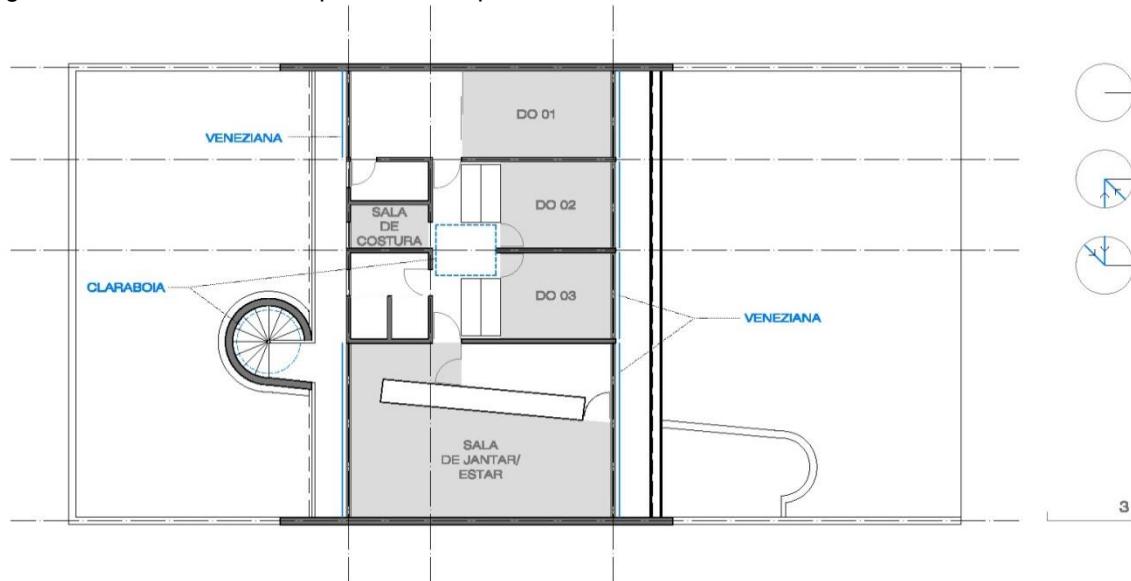
Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Figura 22 - Planta Baixa do pavimento térreo da Residência 4.5



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Figura 23 – Planta Baixa do pavimento superior da Residência 4.5



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Tabela 51 - Características construtivas da Residência 4.5

Paredes externas	15 cm, 25 cm [somente nas divisas]
Paredes internas	15 cm
Tipo de alvenaria	Bloco cerâmico [tipo não especificado]
Cobertura	Fibrocimento
Laje da Cobertura	Inexistente
Pintura externa	Tinta plástica e a óleo
Venezianas	Madeira
Vidros	Não especificados
Claraboia	Não especificada
Forro	Madeira [espessura e tipo não especificados]
Beirais	1,20 m

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Tabela 52 - Programa de necessidades da Residência 4.5

Ambientes	Área (m ²)	APP	Pavimento
Dormitório 01	11,55	X	Superior
Dormitório 02	11,55	X	Superior
Dormitório 03	11,55	X	Superior
Sala de Estar/Jantar/Hall	39,35	X	Superior
Sala de Rádio	5,26	X	Térreo
Sala de Costura	4,05	X	Superior

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.5.1 Análise do projeto original

Entre os APPs analisados, ou únicos a não apresentar venezianas em suas aberturas estão orientados ao sul – Sala de Rádio e Sala de Costura. Apesar disso, avaliou-se o período de exposição destas aberturas na planilha Brise.BR (Tabela

54). Além da orientação destas aberturas e das proteções pelo beiral e empenas laterais, verificou-se a relevância da torre escada/caixa d'água (situada a leste) no sombreamento nestas aberturas (Figura 24).

Ainda que se tenha observado o sombreamento em quase todas as aberturas, e as etiquetas dos APPs oscilando entre A e B, a etiqueta final correspondeu a C. Aclara-se, ainda, que apenas o pré-requisito da cobertura não foi atendido (Tabela 53). A pontuação obtida por esta residência foi 3,15 e o GHR médio corresponde a 4988 (Tabela 55).

Tabela 53 - Pré-requisitos das envoltórias da Residência 4.5

Pré-Requisitos das envoltórias – ZB5					
	$\alpha \leq 0,6$ (adimensional)	$U \leq 3,70$ [W/(m ² K)]	$Ct \geq 130$ [kJ/(m ² K)]	Atendimento	Descrição
Parede	0,11	1,92	202	Sim	Tabela D. 3
	$\alpha > 0,6$ (adimensional)	$U \leq 1,50$ [W/(m ² K)]	Ct Sem exigência	Atendimento	Descrição
Cobertura	0,85	2,02	21	Não	Nº 12

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Tabela 54 - Percentual de sombreamento e orientação das aberturas da Residência 4.5

APP	Período de sombreamento (%)	Orientação	Somb RTQ-R
Dormitório 01	100	N	1
Dormitório 02	100	N	1
Dormitório 03	100	N	1
Sala de Estar/Jantar/Hall	100	N, S	1
Sala de Rádio	100	S	0,5
Sala de Costura	100	S	0,5

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Tabela 55 - Etiquetagem dos APP do projeto original da Residência 4.5

APP	α_{Cob} 0,85	GHR
Dormitório 01	B	5361
Dormitório 02	A	2727
Dormitório 03	A	2727
Sala de Estar/Jantar/Hall	B	6058
Sala de Rádio	A	4402
Sala de Costura	C	8656
Resultado da envoltória	C	4988

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.5.2 Verificação 01

De acordo com a Tabela 56, identifica-se o incremento em um nível na etiquetagem individual de cada APP não etiquetado com A. Os resultados finais

obtidos são: etiqueta final *B*, *EqNum* 4,3 e *GHR* médio de 2061. A efetividade média de aprimoramento do *GHR* correspondeu a 82,36%⁴⁹.

Tabela 56 - Etiquetagem dos APPs da Verificação 01 da Residência 4.5

APP	α_{Cob} 0,29	GHR	Efetividade (%)
Dormitório 01	A	2197	59,01
Dormitório 02	A	-437	116,02
Dormitório 03	A	-437	116,02
Sala de Estar/Jantar/Hall	A	504	91,68
Sala de Rádio	A	4402	0,0
Sala de Costura	B	6137	29,10
Resultado da envoltória	B	2061	82,36

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.5.3 Verificação 02

De acordo com a Tabela 57, vê-se como o sombreamento total da abertura foi mais significativo no APP térreo (Sala de Rádio), que por sua ausência de cobertura para o exterior, apresentou um aprimoramento de 48%; enquanto a Sala de Costura no pavimento superior e com cobertura externa apresentou incremento de 23,62%. O clareamento da cobertura desta residência não alterou a etiqueta do projeto original (*C*). Porém, obteve-se um desempenho térmico 35,81% mais eficiente, demonstrado pelo *GHR* médio de 4295.

Tabela 57 - Etiquetagem dos APPs da Verificação 02 da Residência 4.5

APP	Somb (1,0)	GHR	Efetividade (%)
Dormitório 01	B	5361	0,00
Dormitório 02	A	2727	0,00
Dormitório 03	A	2727	0,00
Sala de Estar/Jantar/Hall	B	6058	0,00
Sala de Rádio	A	2289	48,00
Sala de Costura	B	6611	23,62
Resultado da envoltória	C	4295	35,81

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.5.4 Verificação 03

A aplicação das verificações 01 e 02 gerou etiquetagem *A* em todos os APPs, contudo, a etiqueta final obtida correspondeu a *B* (4,36). A inserção de α_{Cob} 0,15 não alterou a nota superior a já obtida; indicando a necessidade de alterações construtivas mais incisivas para o alcance da etiqueta *A*. O *GHR* médio foi de 1895, e aprimoramento de 73,49% (Tabela 58).

⁴⁹A Sala de Rádio não foi contabilizada por não possuir cobertura para o exterior.

Tabela 58 - Etiquetagem dos APPs da Verificação 03 da Residência 4.5

APP	Conforto térmico	GHR	Efetividade (%)
Dormitório 01	A	2197	59,01
Dormitório 02	A	-437	116,02
Dormitório 03	A	2727	0,00
Sala de Estar/Jantar/Hall	A	504	91,68
Sala de Rádio	A	2289	48,00
Sala de Costura	A	4092	52,72
Resultado da envoltória	B	1895	73,49

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.5.5 Iluminação natural

A tabela a seguir apresenta o atendimento de todos os APPs a este pré-requisito, e a Sala de Rádio se mostra como o ambiente que contém a abertura mais próxima da área mínima necessária para iluminação.

Tabela 59 - Comparaçao entre áreas de iluminação existentes e mínimas da Residência 4.5

APP	AUamb	ATIN	Amin	A ≥ 12,5%	E	Atende
Dorm 01	11,55	5,76	1,44	49,87	3,98	Sim
Dorm 02	11,55	5,76	1,44	49,87	3,98	Sim
Dorm 03	11,55	5,76	1,44	49,87	3,98	Sim
SI Est/Jan/Hall	39,35	9,53	4,91	24,21	1,93	Sim
SI de Rádio	5,26	0,77	0,65	14,63	1,17	Sim
SI de Costura	4,05	1,58	0,50	39,01	3,12	Sim

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.5.6 Ventilação natural

Como se vê na tabela a seguir, houve o atendimento das áreas mínimas em todos os APPs, contudo, deve reforçar o modo como a ventilação cruzada é estimulada nessa obra.

Quanto ao pavimento superior, identificam-se três situações para o aprimoramento da ventilação, as aberturas nas faces maiores deste pavimento (de formato retangular), a disposição dos ambientes e, aberturas na duas faces (norte e sul) das Salas de Estar/Jantar e do Dormitório 01.

Tabela 60 - Comparação entre áreas de ventilação existentes e mínimas da Residência 4.5

APP	AUamb	Av	Amin	A ≥ 8%	E	Atende
Dorm 01	11,55	3,24	0,92	28,05	3,50	Sim
Dorm 02	11,55	3,24	0,92	28,05	3,50	Sim
Dorm 03	11,55	3,24	0,92	28,05	3,50	Sim
SI Est/Jan/Hall	39,35	21,18	3,14	53,82	6,72	Sim
SI de Rádio	5,26	0,77	0,42	14,63	1,82	Sim
SI de Costura	4,05	1,58	0,32	39,01	4,87	Sim

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.6 RESIDÊNCIA 4.6⁵⁰

Figura 24 - Fachada frontal da Residência 4.6



Fonte: SESTREM, 2015.

O programa de necessidades (Tabela 63), área construída e a fachada frontal são as particularidades desta residência projetada em 1976 pelo arquiteto A. A. Cortez (Tabela 61). Além dos elementos identificados na Tabela 62, destacam-se:

- a utilização de laje dupla “caixão perdido” com ambas lajes de mesma espessura; aplicada apenas entre os dois pavimentos;
- os quatro pilares cônicos que sustentam as varandas norte e sul.

Sobre o programa de necessidades, aponta-se para:

- a disposição de dois lavabos na área social;
- ao volume anexo de 30,32 m², que abarca dois banheiros, vestiário, saleta, depósito e dormitório; posicionados para servirem à área da piscina.

Quanto às estratégias para conforto térmico, no pavimento térreo, indicam-se:

- a utilização exclusiva de cortinas para a proteção solar na fachada oeste com amplas aberturas no Living/Sala de Esta (Figura 25);

⁵⁰ Obra demolida.

- utilização de varandas, nos dois pavimentos, para a orientação norte;
- muro do pátio de serviço executado com tijolos furados e sem acabamento;
- aberturas internas alinhadas no sentido leste oeste;
- a utilização de portas internas e externas embutidas na alvenaria – permitindo a área total da abertura para ventilação (Figura 26).

No pavimento superior (Figura 27), as estratégias passivas para conforto térmico são:

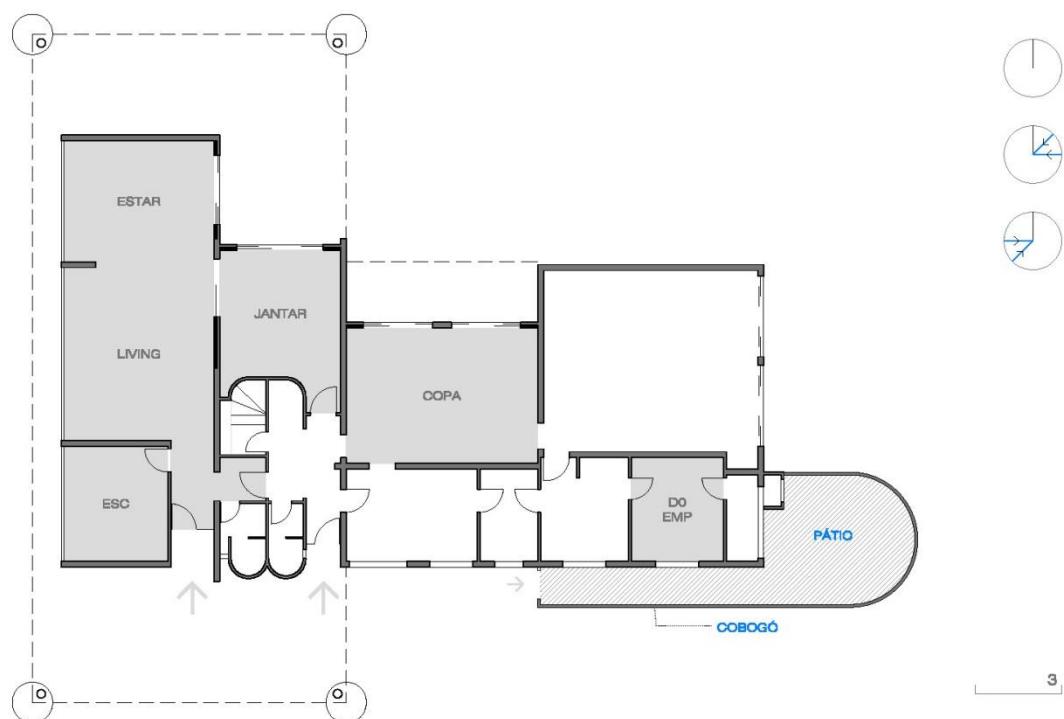
- parece cega, de 20 cm, na orientação oeste;
- aberturas zenitais na circulação, para iluminação e ventilação naturais;
- beirais (varanda) de 2 m na face norte;
- venezianas nos dormitórios.

Tabela 61 - Informações cadastrais da Residência 4.6

Localização	Rua Aquidaban, 700 - Glória
Ano do projeto	1976
Autor	Arq. Antônio Alberto Cortez
Orientação da fachada frontal	Oeste

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Figura 25 – Planta Baixa do pavimento térreo da Residência 4.6



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Figura 26 - Planta Baixa do pavimento superior da Residência 4.6



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Tabela 62 - Características construtivas da Residência 4.6

Paredes externas	20 cm e 10 cm
Paredes internas	10 cm
Tipo de alvenaria	Não Especificada
Cobertura	Fibrocimento (Canalete - 90)
Laje da Cobertura	10 cm
Pintura externa	Não Especificada
Venezianas	Alumínio
Vidros	Não Especificados
Claraboia	Inexistente
Forro	Inexistente
Beirais	1,00 – 2,10 m

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Tabela 63 - Programa de necessidades da Residência 4.6

Ambientes	Área (m ²)	APP	Pavimento
Dormitório 01	10,62	X	Superior
Dormitório 02	10,62	X	Superior
Dormitório 03	10,62	X	Superior
Dormitório 04 - Suíte	19,19	X	Superior
Dormitório Hóspedes	13,69	X	Superior
Dormitório Empregada	9,60	X	Inferior
Escritório	12,84	X	Inferior
Sala de Jantar	20,15	X	Inferior
Copa	31,25	X	Inferior
Sala de Estar Íntimo	29,40	X	Inferior
Sala de Estar/Living/Hall	53,67	X	Inferior

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.6.1 Análise do projeto original

Apesar do cumprimento do pré-requisito da envoltória parede (Tabela 64), os APPs Escritório e Sala de Estar/Living/Hall receberam as avaliações mais baixas, ambos orientados ao oeste e sem proteções externas em suas aberturas (Tabela 65). O beiral de 1,0 m sobre estas aberturas (Figura 26) fornece sombreamento apenas entre 12:00 e 14:00 durante todo o ano. Com a ausência deste beiral, o sombreamento ocorreria entre 12:00 e 13:00.

Ainda sobre o sombreamento, na análise do APP Copa as duas aberturas foram consideradas conjuntamente, sendo desconsiderado o pilar entre estas. Na face oeste, verificou-se que os pilares cônicos não oferecem sombreamento nas aberturas correspondentes a estes APPs.

Vê-se, diante destas considerações, que os APPs do pavimento superior, com cobertura para o exterior, obtiveram melhor classificação ante os pavimentos do térreo orientados ao oeste. Isto é, as transferências pela cobertura foram menos determinantes que a incidência direta solar na face oeste. Os resultados finais são: etiqueta final C, pontuação 2,83 e GHR médio de 8497 (Tabela 66).

Tabela 64 - Pré-requisitos das envoltórias da Residência 4.6

	$\alpha \leq 0,6$ (adimensional)	$U \leq 3,70$ [W/(m ² K)]	$Ct \geq 130$ [kJ/(m ² K)]	Atendimento	Descrição
Parede	0,15	1,85	161	Sim	Nº 14
	$\alpha > 0,6$ (adimensional)	$U \leq 3,70$ [W/(m ² K)]	Ct Sem exigência	Atendimento	Descrição
Cobertura	0,85	2,06	233	Não	Nº 9

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Tabela 65 - Percentual de sombreamento e orientação das aberturas da Residência 4.6

APP	Período de sombreamento (%)	Orientação	Somb RTQ-R
Dormitório 01	100	N	1
Dormitório 02	100	N	1
Dormitório 03	100	N	1
Dormitório 04 - Suíte	100	N	1
Dormitório Hóspedes	100	S	1
Dormitório Empregada	50	S	0,33
Escritório	30,37	O	0,20
Sala de Jantar	97,22	N	0,64
Copa	67,59	N	0,45
Sala de Estar Íntimo	44,30	L	0,29
Sala de Estar/Living/Hall	42,61	O, L	0,46

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Tabela 66 - Etiquetagem dos APPs do projeto original da Residência 4.6

APP	α_{Cob} 0,85	GHR
Dormitório 01	B	6428
Dormitório 02	B	6428
Dormitório 03	B	6428
Dormitório 04 - Suíte	B	8174
Dormitório Hóspedes	B	7397
Dormitório Empregada	A	5171
Escrítório	D	13256
Sala de Jantar	B	5784
Copa	A	4424
Sala de Estar Íntimo	C	10823
Sala de Estar/Living/Hall	E	19159
Resultado da envoltória	C	8497

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.6.2 Verificação 01

Com exceção da Sala de Estar Íntimo (*B*), os demais ambientes do pavimento superior obtiveram classificação *A*; entende-se, com isso, a interferência das amplas aberturas voltadas para o oeste, no pavimento térreo (Escrítório e Salas).

Ao se comparar os *GHR* entre os APPs voltados ao oeste, vê-se que a alteração na cobertura permitiu à Sala de Estar/Living um desempenho mais efetivo (35,89%), enquanto no Escritório identificou-se o aprimoramento de 24,87%. Os resultados finais são: etiqueta final *B*, pontuação 3,76 e *GHR* médio de 5614 (Tabela 67). O desempenho térmico desta residência foi aprimorado em 43,15% - desconsiderando o Dormitório de Empregada, a Sala de Jantar e a Copa – por ausência de cobertura para o exterior.

Tabela 67 - Etiquetagem dos APPs da Verificação 01 da Residência 4.6

APP	α_{Cob} 0,29	GHR	Efetividade (%)
Dormitório 01	A	3326	48,25
Dormitório 02	A	3326	48,25
Dormitório 03	A	3326	48,25
Dormitório 04 - Suíte	A	4062	50,30
Dormitório Hóspedes	A	4026	45,57
Dormitório Empregada	A	5171	0,00
Escrítório	C	9959	24,87
Sala de Jantar	A	5784	0,00
Copa	A	4424	0,00
Sala de Estar Íntimo	B	6075	43,86
Sala de Estar/Living/Hall	D	12281	35,89
Resultado da envoltória	B	5614	43,15

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.6.3 Verificação 02

O ambiente que apresentou maior redução no *GHR* já estava classificado com etiqueta *A* no projeto original – Dormitório de Empregada (orientação sul). Portanto, o Escritório apresentou o melhor desempenho neste contexto – 41,79% (Tabela 68).

Assim como na Verificação 01, a Sala de Estar/Living se manteve como o ambiente mais vulnerável ante as condições encontradas no seu projeto original, indicando a baixa eficiência na aplicação individual das estratégias destas duas verificações (01 ou 02). Os resultados finais obtidos são: etiqueta final *C*, pontuação 3,23 e *GHR* médio de 6659 (Tabela 68). O desempenho térmico desta residência se mostrou 33,73% mais eficiente com o sombreamento das aberturas sem proteção solar.

Tabela 68 - Etiquetagem dos APPs da Verificação 02 da Residência 4.6

APP	Somb (1,0)	GHR	Efetividade (%)
Dormitório 01	B	6428	0,00
Dormitório 02	B	6428	0,00
Dormitório 03	B	6428	0,00
Dormitório 04 - Suíte	B	8174	0,00
Dormitório Hóspedes	B	7397	0,00
Dormitório Empregada	A	2442	52,77
Escritório	B	7715	41,79
Sala de Jantar	A	3459	40,19
Copa	A	4183	5,44
Sala de Estar Íntimo	B	7537	30,36
Sala de Estar/Living/Hall	D	13062	31,82
Resultado da envoltória	C	6659	33,73

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.6.4 Verificação 03

Foram consideradas as seguintes intervenções: absorância 0,29 na cobertura do pavimento superior (Verificação 01), absorância 0,15 na cobertura do pavimento térreo e *somb* 1,0 nas aberturas não sombreadas no projeto original. Assim, os resultados obtidos são: etiqueta final *A*, pontuação 4,73 e *GHR* médio de 3325 (Tabela 69). Com as alterações citadas nesta verificação, o desempenho térmico desta residência seria aprimorado em 56,13%.

Tabela 69 - Etiquetagem dos APPs da Verificação 03 da Residência 4.6

APP	Conforto térmico	GHR	Efetividade (%)
Dormitório 01	A	3326	48,25
Dormitório 02	A	3326	48,25
Dormitório 03	A	3226	48,25
Dormitório 04 - Suíte	A	4062	50,30
Dormitório Hóspedes	A	4026	45,57
Dormitório Empregada	A	2442	52,77
Escritório	A	3594	72,88
Sala de Jantar	A	3459	40,19
Copa	A	1769	60,01
Sala de Estar Íntimo	A	2788	74,24
Sala de Estar/Living/Hall	A	4465	76,69
Resultado da envoltória	A	3325	56,13

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.6.5 Iluminação natural

Apenas a Sala de Estar Íntimo, no pavimento superior, não cumpriu o pré-requisito, onde verificou-se a abertura com 11,08% da área do piso deste ambiente (Tabela 70).

Tabela 70 - Comparação entre áreas de iluminação existentes e mínimas da Residência 4.6

APP	AUamb	ATIN	Amin	A ≥ 12,5%	E	Atende
Dormitório 01	10,62	3,07	1,32	28,90	2,31	Sim
Dormitório 02	10,62	3,07	1,32	28,90	2,31	Sim
Dormitório 03	10,62	3,07	1,32	28,90	2,31	Sim
Dormitório 04 - Suíte	22,13 ⁵¹	3,07	2,51	15,28	1,22	Sim
Dormitório Hóspedes	13,69	2,24	1,71	16,36	1,30	Sim
Dormitório Empregada	9,60	1,36	1,20	14,16	1,13	Sim
Escritório	12,84	7,68	1,60	59,81	4,78	Sim
Sala de Jantar	20,15	5,76	2,51	28,58	2,28	Sim
Copa	31,25	9,21	3,90	29,47	2,35	Sim
Sala de Estar Íntimo	29,40	3,26	3,67	11,08	0,88	Não
Sala de Estar/Living/Hall	53,67 ⁵²	22,74	6,70	42,37	3,38	Sim

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.6.6 Ventilação natural

Assim como na análise de iluminação, a Sala de Estar Íntimo não cumpriu a área mínima estabelecida pelo regulamento. De acordo com a Tabela 71, a área encontrada, de 1,84 m², deveria corresponder a 2,35 m².

⁵¹ Área útil sem considerar a área de circulação corresponde a 20,09 m².

⁵² Área útil sem considerar a área de circulação corresponde a 45,57 m².

Tabela 71 - Comparação entre áreas de ventilação existentes e mínimas da Residência 4.6

APP	AUamb	Av	Amin	A ≥ 8 %	E	Atende
Dormitório 01	10,62	1,73	0,84	16,29	2,03	Sim
Dormitório 02	10,62	1,73	0,84	16,29	2,03	Sim
Dormitório 03	10,62	1,73	0,84	16,29	2,03	Sim
Dormitório 04 - Suíte	20,09	3,07	2,51	15,28	1,22	Sim
Dormitório Hóspedes	13,69	1,26	1,09	9,20	1,15	Sim
Dormitório Empregada	9,60	1,47	0,76	15,31	1,91	Sim
Escritório	12,84	4,32	1,02	33,64	4,20	Sim
Sala de Jantar	20,15	3,24	1,61	16,07	2,00	Sim
Copa	31,25	5,18	2,5	16,57	2,07	Sim
Sala de Estar Íntimo	29,40	1,84	2,35	6,25	0,78	Não
SI Est/Living/Hall	53,67 ⁵³	22,74	5,69	34,58	4,32	Sim

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.7 RESIDÊNCIA 4.7

Figura 27 - Fachada frontal da Residência 4.7



Fonte: SESTREM, 2015.

Apesar da data de seu projeto, 1988 (Tabela 72), situá-lo em um momento em que a arquitetura moderna já havia sido revisada e conduzida ao pós-modernismo (MONTANER, 2007), as características construtivas desta residência as vinculam ao Movimento Moderno. Estas são:

- platibanda reduzida e cobertura pouco inclinada (Figura 28);
- a janela em fita, situada nas faces oeste e sul, que separam a alvenaria da fachada e a laje da cobertura;
- iluminação e ventilação natural no lavabo, no banheiro da piscina e no banheiro entre os dormitórios – áreas sem paredes externas;

⁵³ Área útil sem considerar a área de circulação corresponde a 45,57 m².

- eixos que organizam a distribuição dos ambientes;
- planos que se prolongam para o exterior da residência.

Sobre as estratégias passivas para ventilação e sombreamento, destacam-se:

- as claraboias já comentadas (Figura 29);
- as janelas em fita que favorecem a ventilação cruzada;
- o beiral que de profundidades variadas, que circunda os dormitórios e as salas voltados para o norte e leste;
- portas-janelas, de correr, nos dormitórios que liberam a totalidade da abertura.

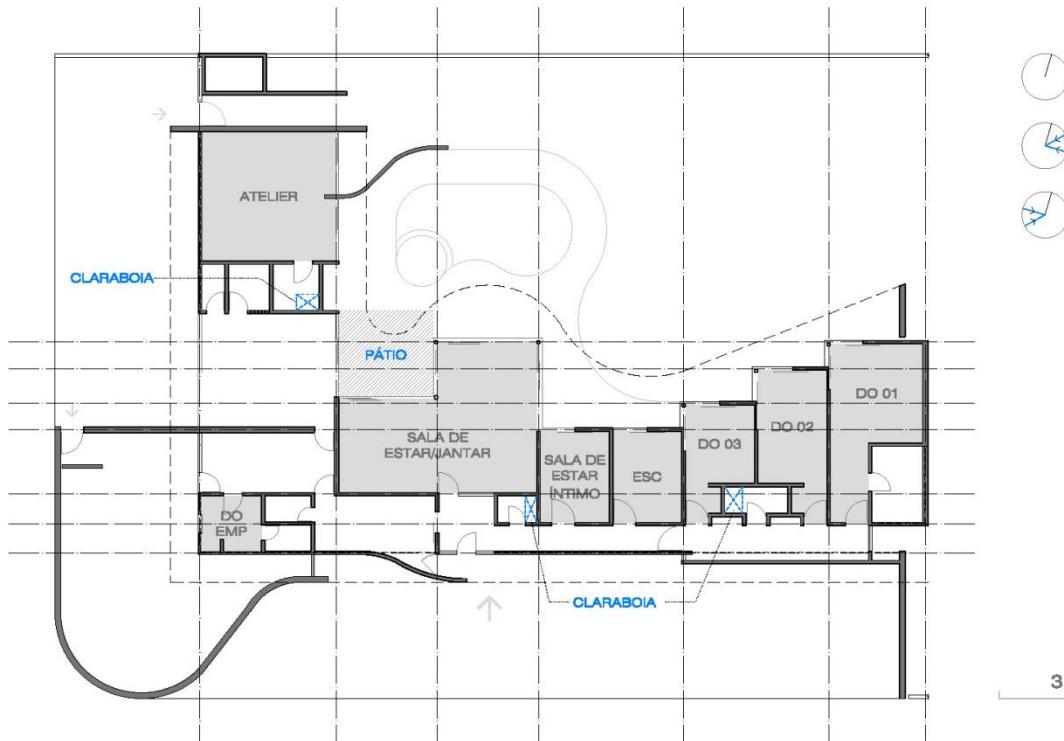
As Tabelas 73 e 74 apresentam, respectivamente, informações construtivas contidas no memorial descritivo do projeto e os APPs avaliados nesta pesquisa.

Tabela 72 - Informações cadastrais da Residência 4.7

Localização	Rua Jaraguá, 744 - América
Ano do projeto	1988
Autor	Eng. Julio Cesar Osello
Orientação da fachada frontal	Sul

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Figura 28 - Planta Baixa da Residência 4.7



Fonte: o autor (2017)

Tabela 73 – Características construtivas da Residência 4.7

Paredes externas	25 e 15 cm
Paredes internas	15 cm
Tipo de alvenaria	Não Especificada
Cobertura	Fibrocimento (Canalete)
Laje da Cobertura	15 cm
Pintura externa	Hidrax e a óleo (semi-brilho)
Venezianas	Inexistentes
Vidros	Não Especificados
Claraboia	Não Especificada
Forro	Inexistente
Beirais	Variável: 0,80 a 2,30 m

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Tabela 74 – Programa de necessidades da Residência 4.7

Ambientes	Área (m ²)	APP
Dormitório 01 - Suíte	22,49	X
Dormitório 02	16,73	X
Dormitório 03	12,23	X
Dormitório Empregada	6,24	X
Atelier	32,48	X
Escritório	11,55	X
Sala de Estar/Jantar	44,81	X
Sala de Estar Íntimo	11,55	X

Fonte: o autor (2017)

4.7.1 Análise do projeto original

Esta UH cumpriu apenas o pré-requisito estipulado para a envoltória parede, conforme a Tabela 75. De acordo com a Tabela 76, vê-se a maior efetividade do beiral na Sala de Estar/Jantar, com suas aberturas sendo sombreadas em 67% do período em que a incidência solar poderia penetrar no ambiente. A Sala de Estar/Jantar se mostrou como o APP com melhor desempenho, com *GHR* de 431 (Tabela 77). Ainda assim, mais três ambientes receberam a etiqueta A. Contudo, a etiqueta final obtida foi C, a pontuação 3,0 e o *GHR* médio foi 5519.

Tabela 75 - Pré-requisitos das envoltórias da Residência 4.7

	$\alpha \leq 0,6$ (adimensional)	$U \leq 3,70$ [W/(m ² K)]	$Ct \geq 130$ [kJ/(m ² K)]	Atendimento	Descrição
Parede	0,11	2,28	168	Sim	Tabela D.3
	$\alpha > 0,6$ (adimensional)	$U \leq 1,50$ [W/(m ² K)]	Ct Sem exigência	Atendimento	Descrição
Cobertura	0,85	1,79	180	Não	Nº 10

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Tabela 76 - Percentual de sombreamento e orientação das aberturas da Residência 4.7

APP	Período de sombreamento (%)	Orientação	Somb RTQ-R
Dormitório 01 - Suíte	71,11	NNO, OSO	0,47
Dormitório 02	77,65	NNO, OSO	0,52
Dormitório 03	81,54	NNO, OSO	0,53
Dormitório Empregada	60,78	SSO, SSE	0,45
Sala de Estar Íntimo	87,38	NNO	0,58
Sala de Estar/Jantar	86,68	NNO, OSO, ENE	0,67
Escritório	89,18	NNO	0,59
Atelier	38,05	ENE	0,25

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Tabela 77 - Etiquetagem dos APPs do projeto original da Residência 4.7

APP	α_{Cob} 0,85	GHR
Dormitório 01 - Suíte	C	9629
Dormitório 02	A	4518
Dormitório 03	A	4584
Dormitório Empregada	C	9535
Sala de Estar Íntimo	A	4295
Sala de Estar/Jantar	A	431
Escritório	B	5455
Atelier	B	5710
Resultado da envoltória	C	5519

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.7.2 Verificação 01

Obteve-se um aprimoramento de total de 8,51% quanto ao GHR (4703), se considerados todos os APPs. Entretanto, se forem desconsiderados os APPs inalterados, o aprimoramento corresponderia a 34,04% (apenas para o Dormitório de Empregada e o Dormitório 01). Esta verificação elevou a pontuação do projeto original para 3,97 (etiqueta *B*), o que correspondeu ao GHR médio de 4703 (Tabela 78).

Tabela 78 - Etiquetagem dos APPs da Verificação 01 da Residência 4.7

APP	α_{Cob} 0,29	GHR	Efetividade (%)
Dormitório 01 - Suíte	B	5745	40,33
Dormitório 02	A	4518	0,00
Dormitório 03	A	4584	0,00
Dormitório Empregada	B	6889	27,75
Sala de Estar Íntimo	A	4295	0,00
Sala de Estar/Jantar	A	431	0,00
Escritório	B	5455	0,00
Atelier	B	5710	0,00
Resultado da envoltória	B	4703	34,04

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.7.3 Verificação 02

A hipótese de $somb$ 1,0 em todas as aberturas conduziu ao aprimoramento médio do GHR em 169,66% (2582). Contudo, a etiqueta final (C) manteve-se inalterada. Contraposto aos resultados das verificações de sombreamento das demais UH, identifica-se um aprimoramento muito superior aos obtidos nestas. Como se observa na Tabela 79, o desempenho constatado na Sala de Estar Jantar (GHR 1019,72) apresenta-se como o responsável pela já referida média elevada.

Tabela 79 - Etiquetagem dos APPs da Verificação 02 da Residência 4.7

APP	Somb (1,0)	GHR	Efetividade (%)
Dormitório 01 - Suíte	B	6932	28,00
Dormitório 02	A	1853	58,98
Dormitório 03	A	2040	55,49
Dormitório Empregada	B	7148	25,03
Sala de Estar Íntimo	A	2036	52,59
Sala de Estar/Jantar	A	-3964	1019,72
Escritório	A	2067	62,10
Atelier	A	2548	55,37
Resultado da envoltória	C	2582	169,66

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.7.4 Verificação 03

Em todos os APPs houve a aplicação conjunta das verificações 01 e 02: $somb$ 1,0 e α_{Cob} 0,29. Entretanto, estas não conduziram a residência à etiquetagem final A. A verificação de uma segunda possibilidade onde alterou-se α_{Cob} para 0,11 e F_{event} para 1,0, de igual modo não resultou na etiqueta A. Assim, os resultados obtidos foram: etiqueta final B, pontuação 4,29 e GHR médio de 1766 (Tabela 80). As intervenções adotadas nesta verificação beneficiaram o desempenho desta residência em 178,17%.

Tabela 80 - Etiquetagem dos APPs da Verificação 03 da Residência 4.7

APP	Conforto térmico	GHR	Efetividade (%)
Dormitório 01 - Suíte	A	3048	68,34
Dormitório 02	A	1853	58,98
Dormitório 03	A	2040	55,49
Dormitório Empregada	A	4502	52,78
Sala de Estar Íntimo	A	2036	52,59
Sala de Estar/Jantar	A	-3964	1019,72
Escritório	A	2067	62,10
Atelier	A	2548	55,37
Resultado da envoltória	B	1766	178,17

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.7.5 Iluminação natural

As áreas mínimas recomendadas foram alcançadas e verificou-se na Sala de Estar/Jantar a melhor relação entre a área recomendada e a área existente (Tabela 81).

Tabela 81 - Comparação entre áreas de iluminação existentes e mínimas da Residência 4.7

APP	AUamb	ATIN	Amin	$A \geq 12,5\%$	E	Atende
Dorm 01 Suíte	22,49	4,9	2,81	21,78	1,74	Sim
Dorm 02	16,73	5,81	2,09	16,73	2,77	Sim
Dorm 03	12,23	4,9	1,52	40,06	3,20	Sim
Dorm Emp	6,24	2,38	0,78	38,14	3,05	Sim
Atelier	32,48	12,84	4,06	39,53	3,16	Sim
Biblioteca	11,55	3,9	1,44	33,76	2,70	Sim
SI Est/Jan	44,81	28,47	5,60	63,53	5,08	Sim
SI Est Ínt	11,55	3,9	1,44	33,76	2,70	Sim

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.7.6 Ventilação natural

Todos os APPs cumpriram a recomendação e competiu, também, à Sala de Estar/Jantar o maior aproveitamento das aberturas – 6,04 sobre a recomendação de área mínima (Tabela 82).

Tabela 82 - Comparação entre áreas de ventilação existentes e mínimas da Residência 4.7

APP	AUamb	Av	Amin	$A \geq 8\%$	E	Atende
Dorm 01 Suíte	22,49	4,9	1,79	21,78	2,72	Sim
Dorm 02	16,73	5,81	1,33	34,72	4,34	Sim
Dorm 03	12,23	4,9	0,97	40,06	5,0	Sim
Dorm Emp	6,24	1,59	0,49	25,48	3,18	Sim
Atelier	32,48	7,37	2,59	22,69	2,83	Sim
Biblioteca	11,55	3,9	0,92	33,76	4,22	Sim
SI Est/Jan	44,81	21,66	3,58	48,33	6,04	Sim
SI Est Ínt	11,55	3,9	0,92	33,76	4,22	Sim

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.8 RESIDÊNCIA 4.8

Figura 29 - Fachada frontal da Resdiênciia 4.8



Fonte: SESTREM, 2015.

A observação dos perfis do terreno e dos planos de seções da residência evidencia o proveito tirado pelo autor (Tabela 83) para situar a casa em dois níveis. Com isso, estabelece apenas a garagem no nível da rua e o pavimento superior sobreposto à garagem, e assentado na cota alta do terreno.

A localização das maiores aberturas da residência para a orientação oeste (Figura 30) e protegidas apenas por beirais mostra-se como a questão de maior relevância neste projeto. Convém salientar que, construtivamente, a proteção é relegada aos beirais, entretanto, recorre-se à aplicação de películas e cortinas para amenizar as consequências originadas pela incidência solar. Entretanto, o autor apresenta respostas mais adequadas para o conforto térmico em outros ambientes, como:

- o largo beiral na Sala de Estar Íntimo (norte);
- as venezianas que liberam todo o vão das aberturas nos dormitórios;
- a envoltória mais espessa voltada para o leste no Dormitório 01/Suíte;
- a ventilação cruzada na Sala de Estar/Jantar;
- ventilação cruzada na Sala de Estar Íntimo/Copa;
- iluminação e ventilação natural no lavabo.

As lajes da cobertura apresentam alturas variadas que acompanham as variações do nível do piso da residência. Ainda, a utilização de vigas invertidas na cobertura permite que as portas internas e aberturas externas possam ocupar todo o pé-direito dos ambientes.

As Tabelas 84 e 85 apresentam, respectivamente, as informações contidas no memorial descritivo do projeto original e os ambientes de permanência prolongada desta residência.

Tabela 83 - Informações cadastrais da Residência 4.8

Localização	Rua Orleans, 1008 - América
Ano do projeto	1977
Autor	Arq. Luis Napoleão Carias de Oliveira
Primeiro Proprietário	Lusadio de Freitas

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Figura 30 - Planta Baixa do pavimento térreo da Residência 4.8



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Tabela 84 - Características construtivas da Residência 4.8

Orientação da fachada frontal	Oeste
Paredes externas	25 cm Leste – 15 cm Norte
Paredes internas	15 cm
Tipo de alvenaria	Não especificado
Cobertura	Telha ondulada – inclinação 5%
Laje da Cobertura	10 cm de espessura *
Pintura externa	Não especificada
Venezianas	Madeira – de correr
Vidros	Não especificado
Claraboia	Não especificada
Forro	Inexistente
Beirais	1,06 e 1,91 m

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Tabela 85 - Programa de necessidades da Residência 4.8

Ambientes	Área (m ²)	APP
Dormitório 01 - Suíte	18,48	X
Dormitório 02 - Suíte	11,48	X
Dormitório 03	11,48	X
Dormitório 04	11,48	X
Dormitório Empregada	8,19	X
Escritório/Biblioteca	34,59	X
Sala de Estar/Jantar	58,52	X
Sala de Estar Íntimo/Copa	41,28	X

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.8.1 Análise do projeto original

Identificou-se apenas o cumprimento apenas da envoltória parede (Tabela 86) como pré-requisito. Notou-se, também, que o Escritório e Sala de Estar/Jantar, com amplas aberturas orientadas ao oeste, foram determinantes para a baixa pontuação (2,01) desta UH, apesar dos beirais de 1,91 m. Entretanto, o sombreamento apresentou seu melhor desempenho na Sala de Estar íntimo/Copa, fornecendo proteção durante 76,58% do período de incidência solar nas aberturas (Tabela 87).

Tabela 86 - Pré-requisitos das envoltórias da Residência 4.8

	$\alpha \leq 0,6$ (adimensional)	$U \leq 3,70$ [W/(m ² K)]	$Ct \geq 130$ [kJ/(m ² K)]	Atendimento	Descrição
Parede ⁵⁴	0,15	2,28	168	Sim	Tabela D.3
	$\alpha > 0,6$ (adimensional)	$U \leq 1,50$ [W/(m ² K)]	Ct Sem exigência	Atendimento	Descrição
Cobertura	0,85	2,06	233	Não	Nº 9

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Tabela 87 - Percentual de sombreamento e orientação das aberturas da Residência 4.8

APP	Período de sombreamento (%)	Orientação	Somb RTQ-R
Dormitório 01 - Suíte	100	N	1
Dormitório 02 - Suíte	100	N	1
Dormitório 03	100	N	1
Dormitório 04	100	N	1
Dormitório Empregada	50,63	O	0,33
Estar Íntimo/Copa	76,58	N, L	0,46
Escritório/Biblioteca	44,30	O	0,29
Sala de Estar/Jantar	49,85 ⁵⁵	O, S	0,10

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

⁵⁴ Fez-se a ponderação da transmitância ($U = 1,61$ [W/(m²K)]) e da capacidade térmica ($Ct = 217$ [kJ/(m²K)]) no Dormitório 01. E por cumprirem os pré-requisitos da UH, optou-se por manter os valores padrões contidos na Tabela D.3 do ANEXO 2 (ABNT, 2004a).

⁵⁵ A abertura localizada na Sala de Estar (face oeste – 19,50 m²) possui sombreamento em apenas 7% do período de incidência solar, enquanto a abertura corresponde à Sala de Jantar (sul – 5,27 m²) possui sombreamento durante 92% do tempo em que recebe a incidência solar. Portanto, diante de suas dimensões e orientações, optou-se por desconsiderar o fator de sombreamento na abertura deste último ambiente.

Finalmente, segundo a Tabela 88, a etiqueta obtida foi *D* e *GHR* médio correspondeu a 9801.

Tabela 88 - Etiquetagem dos APPs do projeto original da Residência 4.8

APP	α_{Cob} 0,85	GHR
Dormitório 01 - Suíte	B	7020
Dormitório 02 - Suíte	B	5571
Dormitório 03	B	5697
Dormitório 04	B	5731
Dormitório Empregada	C	11321
Estar Íntimo/Copa	B	5531
Escritório/Biblioteca	E	15640
Sala de Estar/Jantar	E	21903
Resultado da envoltória	D	9801

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.8.2 Verificação 01

O clareamento da cobertura permitiu alterar as duas etiquetas *E* obtidas no projeto original e alcançar *A* em todos os dormitórios da zona íntima (melhoria de 55,56%). Entretanto, a etiqueta final resultou em *C* (3,25), ainda que tenha havido aprimoramento de 52,38% no desempenho térmico da UH. Para esta verificação o *GHR* médio foi de 5488 (Tabela 89).

Tabela 89 - Etiquetagem dos APPs da Verificação 01 da Residência 4.8

APP	α_{Cob} 0,29	GHR	Efetividade (%)
Dormitório 01 - Suíte	A	3229	54,00
Dormitório 02 - Suíte	A	2393	57,04
Dormitório 03	A	2520	55,76
Dormitório 04	A	2554	55,43
Dormitório Empregada	C	8432	25,51
Estar Íntimo/Copa	A	-260	104,70
Escritório/Biblioteca	C	10436	33,27
Sala de Estar/Jantar	D	14600	33,34
Resultado da envoltória	C	5488	52,38

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.8.3 Verificação 02

Nesta residência, o sombreamento nas aberturas dos ambientes voltados ao oeste mostrou-se pouco mais eficiente (36,59%) que o clareamento da cobertura (33,30%). Por já constar sombreamento com venezianas nos dormitórios, as alterações quanto ao *GHR* corresponderam aos demais ambientes, gerando um aprimoramento de 37,87%. A etiqueta final foi permanecido *C* (2,69) e o *GHR* médio foi 7338 (Tabela 90).

Tabela 90 - Etiquetagem dos APPs da Verificação 02 da Residência 4.8

APP	Somb (1,0)	GHR	Efetividade (%)
Dormitório 01 - Suíte	B	7020	00,00
Dormitório 02 - Suíte	B	5571	0
Dormitório 03	B	5697	0
Dormitório 04	B	5731	0
Dormitório Empregada	B	8030	29,06
Estar Íntimo/Copa	A	2808	49,23
Escritório/Biblioteca	C	9805	37,30
Sala de Estar/Jantar	D	14042	35,89
Resultado da envoltória	C	7338	37,87

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.8.4 Verificação 03

Para a obtenção da etiqueta A, oclareamento da cobertura (Verificação 01) teve de ser alterado na Sala de Estar/Jantar para α_{Cob} 0,15. Além disso, foi necessário inserir somb 1,0 nos APPs não sombreados com venezianas (Verificação 02). Os resultados alcançados foram: etiqueta A (4,56), GHR médio de 2796 e eficiência de 72,36% sobre o projeto original (Tabela 91).

Tabela 91 - Etiquetagem dos APPs da Verificação 03 da Residência 4.8

APP	Conforto térmico	GHR	Efetividade (%)
Dormitório 01 - Suíte	A	3229	54,00
Dormitório 02 - Suíte	A	2393	57,04
Dormitório 03	A	2520	55,76
Dormitório 04	A	2554	55,43
Dormitório Empregada	A	5141	54,58
Estar Íntimo/Copa	A	-2983	153,93
Escritório/Biblioteca	A	4601	70,58
Sala de Estar/Jantar	A	4913	77,56
Resultado da envoltória	A	2796	72,36

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.8.5 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 a seguir.

Tabela 92 - Comparação entre áreas de iluminação existentes e mínimas da Residência 4.8

APP	AUamb	ATIN	Amin	A ≥ 12,5%	E	Atende
Dorm 01 Suíte	18,48	3,90	2,31	21,10	1,68	Sim
Dorm 02 Suíte	11,48	3,38	1,43	29,44	2,35	Sim
Dorm 03	11,48	3,38	1,43	29,44	2,35	Sim
Dorm 04	11,48	3,38	1,43	29,44	2,35	Sim
Dorm Emp	8,19	1,65	1,02	20,14	1,61	Sim
SI Est Ínt/Copa	41,28	11,18	5,16	27,08	2,16	Sim
Biblioteca	34,53	11,46	4,31	33,18	2,65	Sim
SI Est/Jan	58,52	23,24	7,31	39,17	3,17	Sim

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.8.6 Ventilação natural

A recomendação mínima para ventilação foi cumprida por todos os APPs. Nesta residência, conforme a Tabela 93, destacam-se os dormitórios como os responsáveis pelas maiores relações entre recomendação e projeto original .

Tabela 93 - Comparação entre áreas de ventilação existentes e mínimas da Residência 4.8

APP	AUamb	Av	Amin	A ≥ 8%	E	Atende
Dorm 01 Suíte	18,48	4,32	1,47	23,37	2,92	Sim
Dorm 02 Suíte	11,48	3,78	0,91	32,92	4,11	Sim
Dorm 03	11,48	3,78	0,91	32,92	4,11	Sim
Dorm 04	11,48	3,78	1,9	32,92	4,11	Sim
Dorm Emp	8,19	2,00	0,65	24,42	3,05	Sim
SI Est Ínt/Copa	41,28	5,59	3,30	13,54	1,69	Sim
Biblioteca	34,53	6,49	2,76	18,79	2,34	Sim
SI Est/Jan	58,52	12,27	4,68	20,96	2,62	Sim

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.9 RESIDÊNCIA 4.9

Figura 31 - Fachada frontal da Residência 4.9



Fonte: SESTREM, 2018.

A setorização da residência evidencia os retângulos horizontais que ordenam os ambientes, no retângulo superior, o autor concentra as áreas úmidas e parte da área íntima e no retângulo inferior, encontram-se as áreas íntimas e área social.

As reentrâncias encontradas na face leste são organizadas pelo beiral que ordena um único alinhamento no volume – retangular; enquanto na face oeste a definição retangular é obtida por meio do pátio que serve as áreas de apoio nos dormitórios: closet e banheiros.

As estratégias passivas para a incidência solar adotaram:

- beirais e venezianas de madeira nos dormitórios (orientação leste);
- beirias profundos na nas salas (devido ao recuo destes ambientes);
- pérgolas e cobogós no pátio situado entre o closet e banheiros da área íntima, e o banheiro e depósito da zona de serviços.

Bruand em sua análise da Casa Milton Guper (1951-1953), projetada por Levi (1901-1965), aponta esta solução como uma ideia nova e original, “explorada com habilidade, fruto de um desenvolvimento brilhante das preocupações já surgidas na própria casa do arquiteto.” (BRUAND, 2008, p. 277).

o grande êxito é a criação original de uma continuidade interior-exterior tão completa que ela leva a fundir o lado de dentro e o de fora em proveito exclusivo daquele [...]

a intimidade é preservada pelo fechamento rigoroso desse prolongamento externo por meio de um *jogo de paredes e grades associado a uma pérgola de cimento armado* (BRUAND, 2008, p. 277, grifo nosso).

O já referido pátio, com pérgolas e cobogós, permite o fluxo da ventilação cruzada que entra pelas salas (as aberturas mais amplas da residência) no período diurno. O segundo muro de cobogó, localizado na garagem (Figura 32) na face oeste controla a incidência direta do sol nos automóveis e permite o acesso de iluminação natural em uma região desfavorecida, devido à profundidade desta.

A suíte consta com outra abertura de compensação da luz natural, situada na face sul, porém orientada ao leste. Pela dificuldade de acesso dos ventos predominantes, supõe-se que essa abertura seja mais efetiva na iluminação do que quanto à ventilação. Na cozinha, os autores situaram uma faixa de janelas máxima em toda a largura da bancada, limitada entre o móvel superior (áereo) e a própria bancada; recurso também utilizado na residência 4.11. Este mesmo critério é adotado também na lavanderia, conformado pelo mesmo mesmo peitoril e altura. O ambiente central da residência, formado pela copa e sala de estar íntimo, possui a cobertura inclinada, aproximando-se à solução do tipo *shed*. Entretanto, sua abertura para captação da luz natural está orientada ao oeste e sem proteção solar.

Quanto à ventilação, é frequente a aplicação de aberturas verticais, estreitas e pivotantes, adjacentes às amplas aberturas de correr, nas salas e suíte (APP); nos banheiros, estas mesmas aberturas estão situadas ao lado de aberturas máximo-ar. Estas aberturas permitem o acesso da ventilação natural mesmo com as amplas aberturas cerradas, possibilitando um modo intermediário de ventilação.

Algumas alterações e acréscimos foram realizados após o projeto original: o volume isolado nos fundos – que corresponde à churrasqueira, casa de máquinas, banheiro e depósito; a retirada de uma pequena abertura na suíte, na face ..., a ampliação da varanda em frente à sala de estar íntimo, a retirada da churrasqueira do local original (na varanda da sala íntima) e transformação do pátio interno em ambiente fechado – ampliando a área da sala de estar íntimo. Na tabela a seguir, apresentam-se as informações cadastrais levantadas na etapa inicial desta pesquisa. Na Tabela 95 estão relacionadas as informações construtivas obtidas no memorial descritivo do projeto obtido. Já na Tabela 96, são mostrados os APPs considerados para esta análise

Tabela 94 - Informações cadastrais da Residência 4.9

Localização	Rua Alm. Jaceguay, 181 – Costa e Silva
Ano do projeto	1977
Autor	Arquitetos Francisco e Norma

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Figura 32 - Planta Baixa do pavimento térreo da Residência 4.9



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Tabela 95 - Características construtivas da Residência 4.9

Orientação da fachada frontal	Norte
Paredes externas	15 cm e 20 cm
Paredes internas	15 cm
Tipo de alvenaria	Não Especificada
Cobertura	Telha ondulada 6 mm
Laje da Cobertura	10 cm
Pintura externa	Não especificada
Venezianas	Madeira - de correr
Vidros	Não Especificados
Claraboia	Inexistente
Forro	Inexistente
Beirais	1,25 e 2,40 m

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Tabela 96 - Programa de necessidades da Residência 4.9

Ambientes	Área (m ²)	APP
Dormitório 01 - Suíte	21,60	X
Dormitório 02	12,56	X
Dormitório 03	12,56	X
Dormitório 04	12,56	X
Dormitório Empregada	7,83	X
Sala de Estar	45,16	X

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.9.1 Análise do projeto original

Os valores dos índices térmicos das envoltórias são apresentados na Tabela 97, onde se nota apenas o cumprimento da parede quanto aos pré-requisitos estipulados pelo RTQ-R. Para os ambientes Sala de Estar, Dormitório de Empregada e Dormitório 01, fizeram-se ponderações, entretanto, os valores obtidos individualmente cumpriram os índices do pré-requisito. Assim, optou-se por manter os valores para *Transmitância* e *Capacidade Térmica* obtidos no ANEXO 2 (ABNT, 2004a). Na Tabela 98 são identificados os períodos de sombreamento com os respectivos índices *somb* e a orientação das aberturas em cada APP.

Os melhor índices de conforto térmico (etiquetas *A* e *B*) são encontrados nos dormitórios. Atribui-se a etiqueta *E* à Sala de Estar Íntimo/Copa devido à abertura na face oeste e sem proteção externa. Vê-se, também, que a Sala de Estar, apesar de apresentar beiral e ter suas aberturas orientadas ao sul e ao leste, seu desempenho térmico obteve etiqueta *D*. Os resultados finais podem ser vistos na Tabela 99: etiqueta final da UH (*D*), pontuação 2,04 e *GHR* médio 9368.

Tabela 97 - Pré-requisitos das envoltórias da Residência 4.9

	$\alpha \leq 0,6$ (adimensional)	$U \leq 3,70$ [W/(m ² K)]	$Ct \geq 130$ [kJ/(m ² K)]	Atendimento	Descrição
Parede	0,11	2,28	168	Sim	Tabela D.3
	$\alpha > 0,6$ (adimensional)	$U \leq 1,50$ [W/(m ² K)]	Ct Sem exigência	Atendimento	Descrição
Cobertura	0,85	2,06	233	Não	Nº 9

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Tabela 98 - Percentual de sombreamento e orientação das aberturas da Residência 4.9

APP	Período de sombreamento (%)	Orientação	Somb RTQ-R
Dormitório 01 - Suíte	100	N	1
Dormitório 02	100	N	1
Dormitório 03	100	N	1
Dormitório 04	100	N	1
Dormitório Empregada	60,52	S	0,40
Sala de Estar	77,21	S, L	0,42
Sala de Estar Íntimo/Copa	25,94	L, O	0,21

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Tabela 99 - Etiquetagem dos APPs do projeto original da Residência 4.9

APP	α_{cob} 0,85	GHR
Dormitório 01 - Suíte	B	6763
Dormitório 02	A	4743
Dormitório 03	A	4743
Dormitório 04	B	7808
Dormitório Empregada	C	9739
Sala de Estar	D	14449
Sala de Estar Íntimo/Copa	E	17334
Resultado da envoltória	D	9368

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.9.2 Verificação 01

A alteração na absorvância da cobertura permitiu aos Dormitórios 01 e 04 (situados nos extremos) que alcançassem a etiqueta A (Tabela 100), já atribuída aos dormitórios (02 e 03) situados entre aqueles. Com o incremento médio de 50,78%, esta UH teve sua pontuação elevada para 3,98 (B) e seu GHR médio foi estabelecido em 8318.

Tabela 100 - Etiquetagem dos APPs da Verificação 01 da Residência 4.9

APP	α_{cob} 0,29	GHR	Efetividade (%)
Dormitório 01 - Suíte	A	2698	60,10
Dormitório 02	A	1472	68,96
Dormitório 03	A	1472	68,96
Dormitório 04	A	4536	41,90
Dormitório Empregada	B	6882	29,33
Sala de Estar	B	8318	42,43
Sala de Estar Íntimo/Copa	C	9750	43,75
Resultado da envoltória	B	8318	50,78

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.9.3 Verificação 02

Constatou-se o aprimoramento pouco expressivo (22,05%) no desempenho desta UH com a proteção total nas aberturas. Na Sala de Estar se manteve a etiqueta D do projeto original e, na Sala de Estar Íntimo/Copa sua nota E foi alterada D. A tabela a seguir mostra que apesar da presença de duas notas D, o que influenciou a etiqueta geral C. A pontuação final foi 2,52 e a média de GHR 8074 (Tabela 101).

Tabela 101 - Etiquetagem dos APPs da Verificação 02 da Residência 4.9

APP	Somb (1,0)	GHR	Efetividade (%)
Dormitório 01 - Suíte	B	6763	0,00
Dormitório 02	A	4743	0,00
Dormitório 03	A	4743	0,00
Dormitório 04	B	7808	0,00
Dormitório Empregada	B	7289	25,15
Sala de Estar	D	11933	17,41
Sala de Estar Íntimo/Copa	D	13243	23,60
Resultado da envoltória	C	8074	22,05

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.9.4 Verificação 03

Além da aplicação simultânea das verificações 01 e 02, foram consideradas outras hipóteses que pudessem conduzir à etiqueta geral A. Entretanto, o resultado final não superou a nota B (4,04). As hipóteses foram realizadas pela inserção dos dados a seguir: *absortância* 0,15 cobertura; *Fevent* 1,0; *Fevent* 1,0 e α_{Cob} 0,15 e, finalmente, α_{Cob} 0,11. Contudo, estas verificações não levaram a uma pontuação superior a 4,04. O GHR médio obtido foi 3724, que resultou em efetividade superior a 60% (Tabela 102)

Tabela 102 - Etiquetagem dos APPs da Verificação 03 da Residência 4.9

APP	Conforto térmico	GHR	Efetividade (%)
Dormitório 01 - Suíte	A	2698	60,10
Dormitório 02	A	1472	68,96
Dormitório 03	A	1472	68,96
Dormitório 04	A	4536	41,90
Dormitório Empregada	A	4432	54,49
Sala de Estar	B	5802	59,84
Sala de Estar Íntimo/Copa	B	5659	67,35
Resultado da envoltória	B	3724	60,23

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.9.5 Iluminação natural

Como se observa na Tabela 103, todos os APPs cumpriram a recomendação mínima quanto às áreas para iluminação natural (Tabela 103). Entretanto, estes ambientes apresentaram margem reduzida de superação quando comparados às situações identificadas em outras residências. Vê-se, deste modo, na Sala de Estar a maior superação da área mínima definida pelo RTQ-R.

Tabela 103 - Comparação entre áreas de iluminação existentes e mínimas da Residência 4.9

APP	AUamb	ATIN	Amin	A ≥ 12,5%	E	Atende
Dorm 01 Suíte	21,60	3,48	2,7	16,11	1,28	Sim
Dorm 02	12,56	2,38	1,57	18,94	1,51	Sim
Dorm 03	12,56	2,38	1,57	18,94	1,51	Sim
Dorm 04	12,56	2,38	1,57	18,94	1,51	Sim
Dorm Emp	7,83	1,62	0,97	20,68	1,65	Sim
Sala de Estar	45,16	10,12	5,64	22,40	1,79	Sim
Sala de Estar Íntimo/Copa	61,72	9,75	7,71	15,79	1,26	Sim

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.9.6 Ventilação natural

O APP definido pela Sala de Estar Íntimo/Copa foi identificado como o único a não cumprir a recomendação de área para ventilação, ainda que constem aberturas para oeste e para leste (Tabela 104).

Tabela 104 - Comparação entre áreas de ventilação existentes e mínimas da Residência 4.9

APP	AUamb	Av	Amin	A ≥ 8%	E	Atende
Dorm 01 Suíte	21,60	4,08	1,72	18,88	2,36	Sim
Dorm 02	12,56	2,38	1,0	18,94	2,36	Sim
Dorm 03	12,56	2,38	1,0	18,94	2,36	Sim
Dorm 04	12,56	2,38	1,0	18,94	2,36	Sim
Dorm Emp	7,83	0,91	0,62	11,62	1,45	Sim
Sala de Estar	45,16	7,96	3,61	17,62	2,20	Sim
Sala de Estar Íntimo/Copa	61,72	4,39	4,93	7,11	0,88	Não

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.10 RESIDÊNCIA 4.10

Figura 33 - Fachada Frontal da Residência 4.10



Fonte: Google Street View, 2015.

Esta residência possui semelhança com a residência projetada pelo mesmo autor (Tabela 105), em 1973. Apesar de seus lotes não estarem dispostos na mesma orientação quanto ao norte, as duas residências apresentam a sala situada à esquerda do lote, dois dormitórios situados nos fundos e encerrando a residência; a largura da circulação íntima definida pelos armários dos dormitórios extremos; acesso controlado na continuidade da garagem que leva aos fundos do lote; as profundidades das zonas de serviços diferem por 10 cm, apesar de espelhadas.

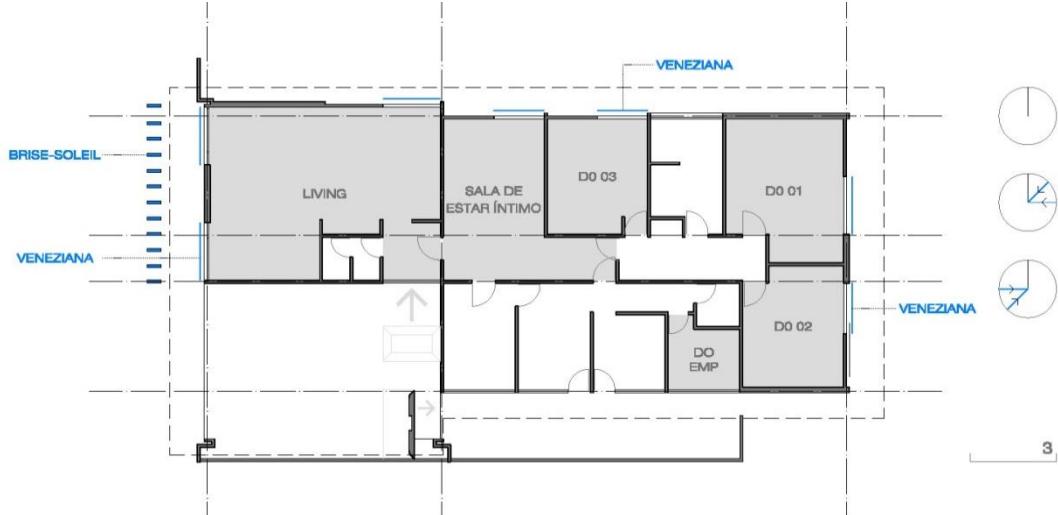
A relação entre a organização dos setores e a orientação dos lotes implicaram apenas na utilização de brises verticais de concreto armado na face oeste da sala de estar social (Figura 34). A zona de serviços está voltada ao sul (localização pouco frequente na amostragem), e a zona íntima orientada ao norte e dotada de venezianas de madeira de correr que, assim como as portas-janelas, liberam toda o vão da abertura para ventilação e iluminação natural. As informações construtivas retiradas do memorial descritivo do projeto original são apresentadas na Tabela 106. E, na Tabela 107, estão contidos os APPs avaliados e suas área úteis.

Tabela 105 - Informações cadastrais da Residência 4.10

Localização	Rua Conselheiro Arp, 630 - América
Ano do projeto	1974
Autor	Eng. Harry Nelson Schmidt
Orientação da fachada frontal	Oeste

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Figura 34 - Planta Baixa da Residência 4.10



Fonte: o autor (2017)

Tabela 106 - Características construtivas da Residência 4.10

Paredes externas	20 cm e 10 cm
Paredes internas	10 cm
Tipo de alvenaria	Não Especificada
Cobertura	Fibrocimento (Modulada)
Laje da Cobertura	Não Especificada
Pintura externa	Não Especificada
Venezianas	Inexistente
Vidros	Não Especificados
Claraboia	Inexistente
Forro	Inexistente
Beirais	1,55 e 1,90 m

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Tabela 107 - Programa de necessidades da Residência 4.10

Ambientes	Área (m ²)	APP
Dormitório 01	19,00	X
Dormitório 02	14,46	X
Dormitório 03	14,00	X
Dormitório Empregada	5,00	X
Sala de Jantar/Living	44,27	X
Sala de Estar Íntimo	23,35	X

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.10.1 Análise do projeto original

Os pré-requisitos não foram cumpridos nas duas envoltórias. No caso da parede, por ser de tijolos aparentes ($\alpha_{par} = 0,78$) (Tabela 108) em todo o seu perímetro e, no caso da cobertura, por ser de fibrocimento. Em virtude destes dados de absorção a nota máxima obtida pelos ambientes, isoladamente, não foi superior a C. A pontuação final correspondeu a 2,07 (etiqueta D) e GHR médio de 12153 (Tabela 109).

Tabela 108 - Pré-requisitos das envoltórias da Residência 4.10

	$\alpha > 0,6$ (adimensional)	$U \leq 2,50$ [W/(m ² K)]	$Ct \geq 130$ [kJ/(m ² K)]	Atendimento	Descrição
Parede	0,78	3,67	184,72	Não	⁵⁶
	$\alpha > 0,6$ (adimensional)	$U \leq 1,50$ [W/(m ² K)]	Ct Sem exigência	Atendimento	Descrição
Cobertura	0,85	1,79	180	Não	Nº 10

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

⁵⁶ Valores calculados de acordo com o ANEXO 2 (ABNT, 2004a).

Tabela 109 - Etiquetagem dos APPs do projeto original da Residência 4.10

APP	α_{Cob} 0,85	GHR
Dormitório 01	D	13335
Dormitório 02	C	10780
Dormitório 03	C	10448
Dormitório Empregada	C	10909
Sala de Jantar/Living	E	16613
Sala de Estar Íntimo	C	10838
Resultado da envoltória	D	12153

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.10.2 Verificação 01

O clareamento na cobertura mostrou-se pouco eficiente para o aumento do desempenho térmico, pois mostrou-se frequente (nas demais residências) a obtenção de etiqueta A nos dormitórios com a Verificação 01. A etiquetagem (máxima) B nos dormitórios evidencia a relevância das paredes no conforto térmico desta residência. A alteração na cobertura gerou os valores a seguir: etiqueta C, pontuação 3,0 e GHR médio de 8449 . O desempenho térmico da residência foi elevado em 30,36% (Tabela).

Tabela 110 - Etiquetagem dos APPs da Verificação 01 da Residência 4.10

APP	α_{Cob} 0,29	GHR	Efetividade (%)
Dormitório 01	C	9717	27,13
Dormitório 02	B	7507	30,36
Dormitório 03	B	7211	30,98
Dormitório Empregada	B	8304	23,87
Sala de Jantar/Living	C	11069	33,37
Sala de Estar Íntimo	B	6888	36,44
Resultado da envoltória	C	8449	30,36

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.10.3 Verificação 02

Devido ao fato desta residência não possuir sombreamento com venezianas apenas no APP Dormitório de Empregada, mantiveram-se os mesmos valores GHR nos outros APPs. E, o aprimoramento do conforto térmico mostrou-se menos eficiente quando comparado ao clareamento da cobertura, especificamente neste APP. Enquanto observou-se eficiência de 23,87% com a Verificação 01, nesta verificação o aprimoramento levantado foi de 18,73% (Tabela 111). Contudo, a etiqueta C deste ambiente foi mantida.

Tabela 111 - Etiquetagem dos APPs da Verificação 02 da Residência 4.10

APP	Somb (1,0)	GHR	Efetividade (%)
Dormitório 01	D	13335	0,0
Dormitório 02	C	10780	0,0
Dormitório 03	C	10448	0,0
Dormitório Empregada	C	8865	18,73
Sala de Jantar/Living	E	16613	0,0
Sala de Estar Íntimo	C	10838	0,0
Resultado da envoltória	D	11811	18,73

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.10.4 Verificação 03

O conjunto de alterações (α_{Cob} 0,29 e α_{par} 0,11) resultaram na nota *B* (4,23), ainda que todos os APPs tenham obtido nota *A*. O segundo conjunto de alterações (α_{Cob} 0,15, α_{par} 0,11 e *Fevent* 1,0), resultou igualmente em *B* 4,23. A aplicação de um terceiro conjunto de dados envolveria alterações construtivas e, portanto, foram desconsideradas. Esta verificação (Tabela 112) resultou nos seguintes dados: *B* (4,23), *GHR* médio de 3428 e melhoria de 71,80% sobre o projeto original.

Tabela 112 - Etiquetagem dos APPs da Verificação 03 da Residência 4.10

APP	Conforto térmico	GHR	Efetividade (%)
Dormitório 01	A	4297	67,77
Dormitório 02	A	2970	72,44
Dormitório 03	A	3029	71,00
Dormitório Empregada	A	3022	72,29
Sala de Jantar/Living	A	4605	72,28
Sala de Estar Íntimo	A	2706	75,03
Resultado da envoltória	B	3428	71,80

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.10.5 Iluminação natural

De acordo com a Tabela 113, apenas a Sala de Jantar/Living não cumpriu o pré-requisito de área mínima para iluminação natural.

Tabela 113 - Comparaçao entre áreas de iluminação existentes e mínimas da Residência 4.10

APP	AUamb	ATIN	Amin	A ≥ 12,5%	E	Atende
Dorm 01	19,00	4,48	2,37	23,57	1,88	Sim
Dorm 02	14,46	3,92	1,80	27,10	2,16	Sim
Dorm 03	14,00	3,92	1,75	28,0	2,24	Sim
Dorm Emp	5,00	1,6	0,62	32,0	2,56	Sim
SI Jan/Living	44,27	4,48	5,53	10,11	0,80	Não
SI Est Ínt	23,35	3,92	2,91	16,78	1,34	Sim

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.10.6 Ventilação natural

Também neste quesito, a Sala de Jantar/Living não cumpriu a recomendação para ventilação, chegando a 70% da área recomendada, de acordo com a tabela abaixo.

Tabela 114 - Comparação entre áreas de ventilação existentes e mínimas da Residência 4.10

APP	AUamb	Av	Amin	A ≥ 8%	E	Atende
Dorm 01	19,00	2,52	1,52	13,26	1,65	Sim
Dorm 02	14,46	2,2	1,15	15,21	1,90	Sim
Dorm 03	14,00	2,2	1,12	15,71	1,96	Sim
Dorm Emp	5,00	1,6	0,40	32,0	4	Sim
SI Jan/Living	44,27	2,52	3,54	5,69	0,71	Não
SI Est Ínt	23,35	2,2	1,86	9,42	1,17	Sim

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.11 RESIDÊNCIA 4.11

Figura 35 - Fachada frontal da Residência 4.11



Fonte: SESTREM, 2015.

Em toda a amostragem, esta é uma das três obras que apresentam envoltórias com tijolos aparentes (Figura 36). A espessura destas paredes vairam entre 25 e 15 cm. A exposição do concreto armado aparente é frequente nesta obra – na estrutura e em elementos que podem ser entendidos como mobiliário. Estruturalmente, foram identificados:

- laje dupla exposta entre os pavimentos (laje superior com maior espessura);
- o lavabo em concreto aparente;
- laje da cobertura exposta (em concreto aparente);

- a escada em concreto aparente com apenas dois pontos de apoio e o patamar em balanço.

Outras aplicações do concreto exposto se deram:

- no guarda-corpo da varanda no pavimento superior;
- no volume projetado da cozinha, onde estão embutidos o móvel de bancada e o móvel aéreo;

- no volume projetado na sala de jantar onde está embutido o armário;
- na lareira e nas estantes situadas na sala de estar;
- no banco de concreto do escritório – apoiado apenas nas laterais.

As estratégias passivas para sombreamento se apoiaram no beiral venezianas para os dormitórios (orientados ao oeste) e no prolongado beiral posterior que protegem a Sala de Estar e a Sala de Jantar (Figura 37).

Para iluminação, o autor situou uma claraboia na circulação do pavimento superior (Figura 38) e outra sobre o lavabo que se origina na cobertura e atravessa o pavimento superior como um cilindro de concreto armado. Na cozinha, o autor utilizou duas faixas de janelas basculantes, a primeira situada entre a bancada e o móvel superior (áereo) e a segunda entre o móvel superior e o teto do ambiente – embutidas no volume de concreto como já observado. Na sala de jantar, o autor recorre à mesma solução, situando um faixa de janelas basculantes entre o volume projetado e o teto do ambiente. Matera (2005) atribui a origem desta estratégia ao arquiteto Rino Levi, em seu estudo sobre a obra do arquiteto brasileiro Carlos Barjas Millan. De acordo com este autor:

Em toda a obra de Millan, o cuidado quase obsessivo com o detalhamento dos projetos pode ser creditado ao contato profissional com Rino Levi, assim como soluções de projeto como, por exemplo, o detalhamento de armários de cozinha desenvolvidos por Bratke ou os sistemas de janelas de cozinha com duas faixas de iluminação empregados inicialmente no Brasil por Levi (MATERA, 2005, p. 31).

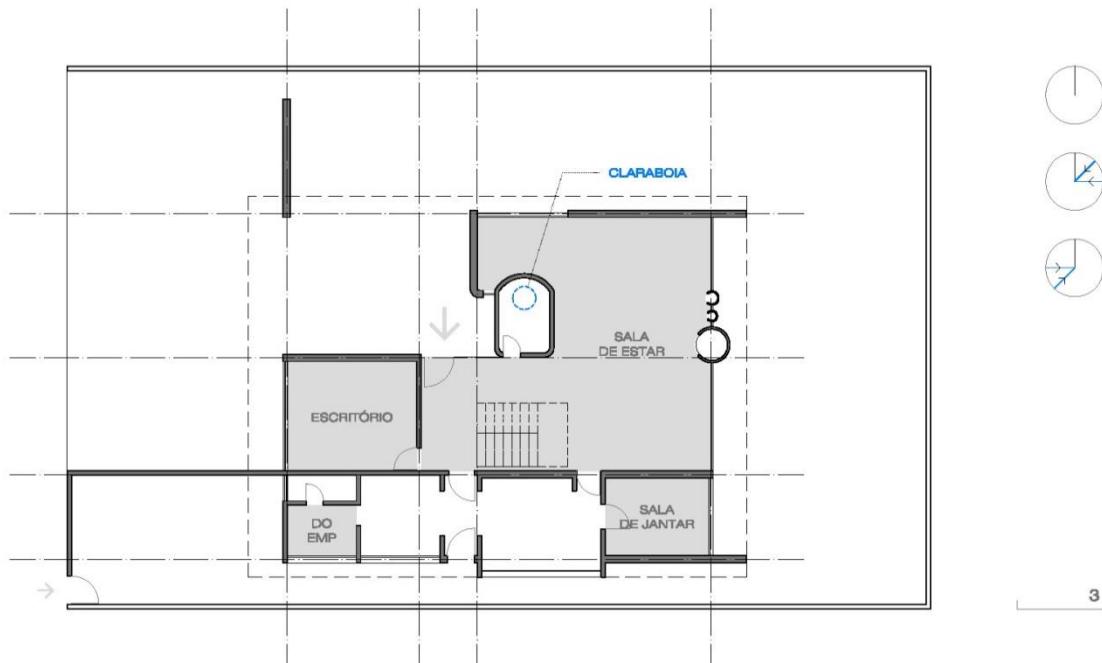
Na tabela a seguir constam informações quanto à autoria do projeto, localização e ano da obra, além da orientação da fachada frontal.

Tabela 115 - Informações cadastrais da Residência 4.11

Localização	Rua Miguel Couto, 133 – Anita Garibaldi
Ano do projeto	1972
Autor	Eng. Nobuo Fukuda
Orientação da fachada frontal	Oeste

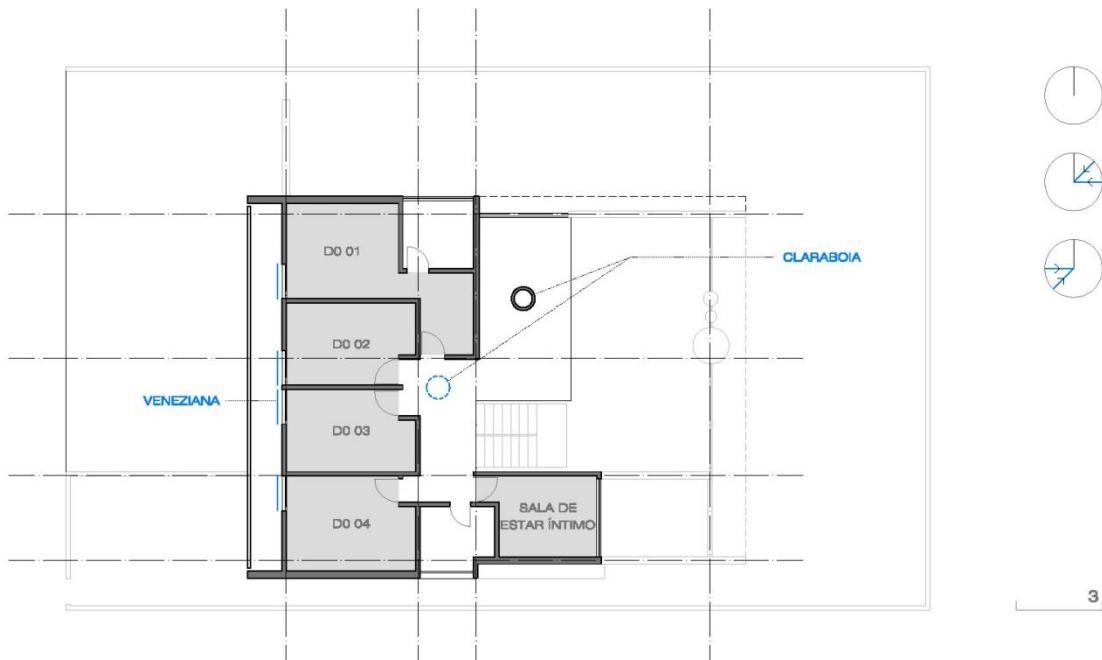
Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Figura 36 - Planta Baixa do pavimento térreo da Residência 4.11



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Figura 37 – Planta Baixa do pavimento superior da Residência 4.11



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Os ambientes considerados pelo RTQ-R são apresentados na Tabela 116, onde também são identificadas suas respectivas áreas. Na Tabela 117, constam as características construtivas retiradas do memorial construtivo do projeto original.

Tabela 116 - Programa de necessidades da Residência 4.11

Ambientes	Área (m ²)	APP
Dormitório 01 – Suíte	18,79	X
Dormitório 02	12,19	X
Dormitório 03	12,19	X
Dormitório 04	14,22	X
Dormitório Empregada	4,20	X
Escritório	17,10	X
Sala de Estar	71,48	X
Sala de Jantar	9,58	X
Sala de TV	10,33	X

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Tabela 117 - Características construtivas da Residência 4.11

Paredes externas	25 cm (norte/sul) 15 cm (oeste)
Paredes internas	15 cm
Tipo de alvenaria	Não especificado
Cobertura	Telha cerâmica
Laje da Cobertura	Não especificada – aprox. 10 cm
Pintura externa	Ausente – tijolos aparentes
Venezianas	Madeira
Vidros	Não especificados
Claraboia	Fibra de vidro
Forro	Inexistente
Beirais	0,50 e 1,20 m

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.11.1 Análise do projeto original

Devido à constituição das envoltórias, parede (tijolo aparente) e cobertura (telha cerâmica), os pré-requisitos para ambos não foram cumpridos (Tabela 118). Esta condição resultou em baixa avaliação ainda que se apresente certo grau de atenção ao conforto térmico, na relação entre beirais e aberturas (Sala de Estar e Sala de Jantar). Contudo, não houve atribuição de etiqueta *E* a nenhum APP. O Dormitório de Empregada possui sua abertura orientada ao sul (Tabela 119), decisão pouco recorrente no conjunto de residências levantadas. Apenas a Sala de Jantar obteve etiqueta *B*, orientada ao leste e sem cobertura voltada ao exterior (cob 0). Os índices térmicos foram calculados nesta UH e para a Tabela de pré-requisitos da UH. Assim, obteve-se no Dormitório de Empregada a *Capacidade Térmica* mais baixa (188,88) e nos APP (Escritório, Dormitório 01 e Dormitório 02) a *Transmitância* mais elevada (3,20). Por serem os valores extremos, estes dados foram utilizados no lugar da ponderação entre as propriedades térmicas individuais de cada APP. Os resultados finais são: etiqueta *C* (2,76) e *GHR* médio de 10955 (Tabela 120).

Tabela 118 - Pré-requisitos das envoltórias da Residência 4.11

	$\alpha > 0,6$ (adimensional)	$U \leq 2,50$ [W/(m ² K)]	$Ct \geq 130$ [kJ/(m ² K)]	Atendimento	Descrição
Parede	0,70	3,20	188,88	Não	-
	$\alpha > 0,6$ (adimensional)	$U \leq 1,50$ [W/(m ² K)]	Ct Sem exigência	Atendimento	Descrição
Cobertura	0,64	2,05	238	Não	Nº 4

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Tabela 119 - Percentual de sombreamento e orientação das aberturas da Residência 4.11

APP	Período de sombreamento (%)	Orientação	Somb RTQ-R
Dormitório 01 – Suíte	100	N	1
Dormitório 02	100	N	1
Dormitório 03	100	N	1
Dormitório 04	100	N	1
Dormitório Empregada	68,42	S	0,45
Escritório	39,24	O	0,26
Sala de Estar	29,12	N, L	0,25
Sala de Jantar	49,36	L	0,32
Sala de TV	26,58	L	0,17

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Tabela 120 - Etiquetagem dos APPs do projeto original da Residência 4.11

APP	α_{Cob} 0,85	GHR
Dormitório 01 – Suíte	D	13201
Dormitório 02	C	9376
Dormitório 03	C	9375
Dormitório 04	C	10222
Dormitório Empregada	C	10555
Escritório	D	13983
Sala de Estar	C	11265
Sala de Jantar	B	8035
Sala de TV	D	12584
Resultado da envoltória	C	10955

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.11.2 Verificação 01

Nesta verificação, o Dormitório de Empregada, a Sala de Jantar e o Escritório mantiveram suas notas do projeto original devido à ausência de cobertura ao exterior. Nos demais ambientes houve melhoria de 23,99%. A Sala de Estar mostrou-se como o APP com melhor aproveitamento (46,65%). Os resultados finais mantiveram a etiqueta C, porém elevaram a pontuação para 3,41. A média do GHR foi 9206 (Tabela 121).

Tabela 121 - Etiquetagem dos APPs da Verificação 01 da Residência 4.11

APP	α_{Cob} 0,29	GHR	Efetividade (%)
Dormitório 01 – Suíte	C	10819	18,04
Dormitório 02	B	7354	21,56
Dormitório 03	B	7353	21,56
Dormitório 04	B	8090	20,85
Dormitório Empregada	C	10555	00,00
Escritório	D	13983	00,00
Sala de Estar	B	6009	46,65
Sala de Jantar	B	8035	0,00
Sala de TV	C	10664	15,25
Resultado da envoltória	C	9206	23,99

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.11.3 Verificação 02

Com exceção dos dormitórios da zona íntima, os demais APPs receberam sombreamento total em suas aberturas. Com isso, constatou-se um aprimoramento de 33,08% nestes ambientes. A etiqueta final manteve-se C, sua pontuação de 3,0 e mostrou-se menos efetiva que o clareamento da cobertura. A média do *GHR* correspondeu a 8906 (Tabela 122).

Tabela 122 - Etiquetagem dos APPs da Verificação 02 da Residência 4.11

APP	Somb (1,0)	GHR	Efetividade (%)
Dormitório 01 – Suíte	D	13201	00,00
Dormitório 02	C	9376	00,00
Dormitório 03	C	9375	00,00
Dormitório 04	C	10222	00,00
Dormitório Empregada	B	8230	22,02
Escritório	C	9329	33,28
Sala de Estar	B	6787	39,75
Sala de Jantar	A	4730	41,13
Sala de TV	C	8907	29,21
Resultado da envoltória	C	8906	33,08

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.11.4 Verificação 03

A pontuação *A* (4,58) obtida consistiu em aprimoramento de 65,79% sobre o desempenho do projeto original, sendo a Sala de Estar o APP com melhor resultado – 135,00% (Tabela 123). Para atingir esta pontuação foi necessário inserir os dados a seguir: α_{Cob} 0,29, α_{par} 0,15 e *somb* 1,0. Vê-se, deste modo, a impossibilidade de se obter a etiqueta *A* sem intervenção sobre absorvância das paredes.

Tabela 123 - Etiquetagem dos APPs da Verificação 03 da Residência 4.11

APP	Conforto térmico	GHR	Efetividade (%)
Dormitório 01 – Suíte	B	7026	46,77
Dormitório 02	A	4281	54,34
Dormitório 03	A	4280	54,34
Dormitório 04	A	5007	51,01
Dormitório Empregada	B	5221	50,53
Escritório	B	5698	59,25
Sala de Estar	A	-3943	135,00
Sala de Jantar	A	2071	74,22
Sala de TV	A	4194	66,67
Resultado da envoltória	A	3759	65,79

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.11.5 Iluminação natural

Verificou-se o não cumprimento deste pré-requisito em dois ambientes, o Dormitório de Empregada e a Sala de TV. No primeiro, a área existente chegou a 81% da área necessária. No segundo ambiente, a área levantada correspondeu a 75% da área recomendada. Na Sala de Jantar, constatou-se a maior superação em relação à área mínima recomendada, de 5,04 vezes (Tabela 124).

Tabela 124 - Comparação entre áreas de iluminação existentes e mínimas da Residência 4.11

APP	AUamb	ATIN	Amin	A ≥ 12,5%	E	Atende
Dormitório 01 - suíte	18,79	3,0	2,34	15,96	1,27	Sim
Dormitório 02	12,19	3,0	1,52	24,61	1,96	Sim
Dormitório 03	12,19	3,0	1,52	24,61	1,96	Sim
Dormitório 04	14,22	3,0	1,77	21,09	1,68	Sim
Dormitório de Emp,	4,20	0,43	0,52	10,23	0,81	Não
Biblioteca	17,10	5,77	2,13	33,74	2,69	Sim
Sala de Estar	71,48	22,75	8,93	31,82	2,54	Sim
Sala de Jantar	9,58	6,04	1,19	63,04	5,04	Sim
Sala de TV	10,33	0,97	1,29	9,39	0,75	Não

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.11.6 Ventilação natural

Entre o conjunto de ambientes desta residência, apenas na Sala de TV não houve o cumprimento da área mínima definida pelo pré-requisito. A área existente chegou a 58% do mínimo necessário para corresponder a um desempenho térmico adequado (Tabela 125). De igual modo, a maior superação da área neste item correspondeu à Sala de Jantar. A abertura deste ambiente superou em mais de quatro vezes a área recomendada pelo RTQ-R.

Tabela 125 - Comparação entre áreas de ventilação existentes e mínimas da Residência 4.11

APP	AUamb	Av	Amin	A ≥ 8%	E	Atende
Dormitório 01 – Suíte	18,79	3,0	1,50	15,96	1,99	Sim
Dormitório 02	12,19	3,0	0,97	24,61	3,07	Sim
Dormitório 03	12,19	3,0	0,97	24,61	3,07	Sim
Dormitório 04	14,22	3,0	1,13	21,09	2,63	Sim
Dormitório de Emp.	4,20	0,86	0,33	20,47	2,55	Sim
Biblioteca	17,10	3,24	1,36	18,94	2,36	Sim
Sala de Estar	71,48	15,06	5,71	21,06	2,63	Sim
Sala de Jantar	9,58	3,4	0,76	35,49	4,43	Sim
Sala de TV	10,33	0,48	0,82	4,64	0,58	Não

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.12 RESIDÊNCIA 4.12

Figura 38 - Fachada frontal da Residência 4.12



Fonte: SESTREM, 2015.

Esta residência apresenta uma unidade independente da casa principal, constituída por sala, dormitório, cozinha, lavanderia, banheiro e um pequeno pátio; situados no lado direito da residência (Figura 39). Pode-se observar, na Figura 40, como o pequeno pátio central articula os ambientes e permite situar o banheiro no interior deste volume. Na unidade principal, as salas estão conjugadas e são analisadas como um único APP. Os dormitórios estão orientados ao sudeste e o Dormitório 05 (do volume anexo) está orientado ao nordeste e sudoeste. Na tabela a 125 estão organizadas as informações obtidas no levantamento de dados. Enquanto, as informações obtidas pelo memorial descritivo do projeto podem ser observadas na Tabela 127.

Tabela 126 - Informações cadastrais da Residência 4.12

Localização	Rua Pernambuco, 115 – Anita Garibaldi
Ano do projeto	1972
Autor	Eng. Roberto de Calazans Gayoso Neves
Orientação da fachada frontal	Nordeste

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Tabela 127 - Características construtivas da Residência 4.12

Paredes externas	25 e 15 cm
Paredes internas	15 cm
Tipo de alvenaria	Tijolos aparentes
Cobertura	Canalete 90
Laje da Cobertura	Não especificada
Pintura externa	Não especificada
Venezianas	Dormitórios 01, 02, 03 3 04
Vidros	Não especificados
Claraboia	Inexistente
Forro	Inexistente
Beirais	1,20 – 1,40 – 1,50 cm

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Figura 39 – Planta Baixa da Residência 4.12



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Na tabela a seguir, estão elencados os oito ambientes de permanência prolongada considerados nesta análise, e suas respectivas áreas. Ressalta-se a aglutinação dos ambientes sociais e copa na residência principal, resultando na área de 100,45 m².

Tabela 128 – Programa de necessidades da Residência 4.12

Ambientes	Área (m ²)	APP
Dormitório 01 – Suíte	22,03	X
Dormitório 02	8,40	X
Dormitório 03	11,36	X
Dormitório 04	13,26	X
Dormitório 05	12,30	X
Dormitório Empregada	5,04	X
Copas/Salas	100,45	X
Sala 02	18,51	X

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.12.1 Análise do projeto original

De acordo com a Tabela 129, vê-se que a utilização conjunta de cobertura de fibrocimento e tijolos aparentes levou ao não atendimento dos pré-requisitos nas duas envoltórias. Na Tabela 130, onde constam as orientações das aberturas e seus períodos sombreados, constatou-se na Sala 02 o maior tempo de proteção 85,54% do período de incidência solar.

De acordo com a Tabela 131, vê-se que o desempenho térmico atingiu os menores índices no Dormitório 05 (volume anexo) e nas salas conjugadas do volume principal. Assim como na Residência 4.10, nenhum dos APPs obteve etiqueta *B*. O GHR médio resultou em 13457 e sua nota final, *D* (1,67).

Tabela 129 – Pré-requisitos das envoltórias da Residência 4.12

	$\alpha > 0,6$ (adimensional)	$U \leq 2,50$ [W/(m ² K)]	$Ct \geq 130$ [kJ/(m ² K)]	Atendimento	Descrição
Parede	0,70	2,92 ⁵⁷	168 ⁵⁸	Não	Calculada
	$\alpha > 0,6$ (adimensional)	$U \leq 1,50$ [W/(m ² K)]	Ct Sem exigência	Atendimento	Descrição
Cobertura	0,85	1,79	180	Não	Nº 10

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Tabela 130 – Percentual de sombreamento e orientação das aberturas da Residência 4.12

APP	Período de sombreamento (%)	Orientação	Somb RTQ-R
Dormitório 01 – Suíte	100	SE	1
Dormitório 02	100	SE	1
Dormitório 03	100	SE	1
Dormitório 04	100	SE	1
Dormitório 05	64,72	NE, SO	0,47
Dormitório Empregada	34,17	NO	0,22
Copa/Salas	69,97	SO, NE	0,83
Sala 02	85,54	SE	0,53

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

⁵⁷ A transmitância máxima obtida foi 2,92 W/(m²K) e a mínima 1,61 [W/(m²K)].

⁵⁸ A Capacidade Térmica máxima foi de 277 kJ/(m²K) e a mínima encontrada foi 168 kJ/(m²K).

Tabela 131 - Etiquetagem dos APPs do projeto original da Residência 4.12

APP	α_{Cob} 0,85	GHR
Dormitório 01 – Suíte	C	10244
Dormitório 02	C	10199
Dormitório 03	C	8876
Dormitório 04	C	9035
Dormitório 05	E	16257
Dormitório Empregada	D	14378
Copa/Salas	E	25515
Sala 02	D	13159
Resultado da envoltória	D	13457

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.12.2 Verificação 01

Apesar do aprimoramento de 29,64% no desempenho térmico, a nota atribuída a esta UH foi alterada de 1,67 para 1,91, mantendo a etiqueta final *D*. A Tabela 132 apresenta o APP Salas/Copa ainda com etiqueta *E*, mostrando a pouca efetividade do clareamento da cobertura para o incremento do conforto térmico. Ressalta-se que este APP obteve o melhor aproveitamento com esta verificação 38,50%. E, assim como na Residência 4.10, os dormitórios não obtiveram etiquetagem *A*. O *GHR* médio resultou em 9464.

Tabela 132 - Etiquetagem dos APPs da Verificação 01 da Residência 4.12

APP	α_{Cob} 0,29	GHR	Efetividade (%)
Dormitório 01 – Suíte	B	6395	37,57
Dormitório 02	B	7388	27,56
Dormitório 03	B	5840	34,20
Dormitório 04	B	5854	35,20
Dormitório 05	D	13149	19,11
Dormitório Empregada	D	11824	17,76
Copa/Salas	E	15690	38,50
Sala 02	C	9578	27,21
Resultado da envoltória	D	9464	29,64

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.12.3 Verificação 02

Constatou-se melhoria de 16,46% no desempenho dos APPs originalmente não sombreados, onde o Dormitório de Empregada mostrou o melhor aproveitamento (25,67%). Ao se comparar as verificações 01 e 02 sobre os APPs não sombreados, vê-se que o clareamento da cobertura gerou melhor resultado (25,65%) ante a aplicação de sombreamento (16,46%). Do mesmo modo, a etiqueta

final manteve-se *D* e sua pontuação foi elevada para 1,77. Nesta verificação obteve-se a média de 12093 para o *GHR*, como se observa na tabela a seguir.

Tabela 133 - Etiquetagem dos APPs da Verificação 02 da Residência 4.12

APP	Somb (1,0)	GHR	Efetividade (%)
Dormitório 01 – Suíte	C	10244	0,00
Dormitório 02	C	10199	0,00
Dormitório 03	C	8876	0,00
Dormitório 04	C	9035	0,00
Dormitório 05	D	14106	13,23
Dormitório Empregada	C	10687	25,67
Copa/Salas	E	22359	12,36
Sala 02	C	11238	14,59
Resultado da envoltória	D	12093	16,46

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.12.4 Verificação 03

A seguir, apresenta-se as alterações (hipóteses consideradas) na planilha RTQ-R com o intuito de obter a etiqueta final *A*:

- α_{Cob} 0,29, α_{par} 0,11 levaram a (*B* 3,71);
- α_{Cob} 0,29, α_{par} 0,11 e *somb* 1,0 levaram a (*B* 3,74);
- α_{Cob} 0,29, α_{par} 0,11, *somb* 1,0 e *Fvent* 1,0 levaram a (*B* 3,77) e
- α_{Cob} 0,15, α_{par} 0,11, *somb* 1,0 e *Fvent* 1,0 levaram a (*B* 3,84).

Contudo, desconsiderou-se a alteração no *Fator de ventilação* por resultar em alteração/intervenção na construção. Assim, a pontuação final obtida foi (*B* 3,77), o *GHR* médio foi de 4810 e eficiência de 65,04% no conforto térmico (Tabela 134).

Tabela 134 - Etiquetagem dos APPs da Verificação 03 da Residência 4.12

APP	Conforto térmico	GHR	Efetividade (%)
Dormitório 01 – Suíte	A	1199	88,29
Dormitório 02	A	2710	73,42
Dormitório 03	A	769	91,33
Dormitório 04	A	635	92,97
Dormitório 05	B	7775	52,17
Dormitório Empregada	C	8747	39,16
Copa/Salas	B	6981	72,63
Sala 02	A	4004	69,57
Resultado da envoltória	B	4810	65,04

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.12.5 Iluminação natural

Verificou-se o não cumprimento do pré-requisito apenas no Dormitório 01, apesar da disparidade de dois cm, conforme a Tabela 135. Para o cálculo da Copa/Salas foram retiradas, por determinação do regulamento, as áreas correspondentes às duas circulações ali contidas ($10,03\text{ m}^2$).

Tabela 135 - Comparação entre áreas de iluminação existentes e mínimas da Residência 4.12

APP	AUamb	ATIN	Amin	$A \geq 12,5\%$	E	Atende
Dormitório 01 – Suíte	22,03	2,73	2,75	12,39	0,99	Não
Dormitório 02	8,40	1,96	1,05	23,33	1,86	Sim
Dormitório 03	11,36	1,81	1,42	15,93	1,27	Sim
Dormitório 04	13,26	2,16	1,65	16,28	1,30	Sim
Dormitório 05	12,30	2,88	1,53	23,41	1,87	Sim
Dormitório Empregada	5,04	1,18	0,63	23,41	1,87	Sim
Copa/Salas	90,42	32,03	11,30	35,42	2,83	Sim
Sala 02	18,51	7,12	2,31	38,46	3,07	Sim

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.12.6 Ventilação natural

Verificou-se que a abertura do Dormitório também não cumpriu o quesito para a ventilação natural. Este descumprimento se deu pela discrepância de 18 cm. A maior superação quanto à área mínima recomendada não se mostrou expressiva como em outras residências. O maior valor foi identificado na Sala 02 ($2,70\text{ m}^2$) do volume anexo (Tabela 136).

Tabela 136 - Comparação entre áreas de ventilação existentes e mínimas da Residência 4.12

APP	AUamb	Av	Amin	$A \geq 8\%$	E	Atende
Dormitório 01 – Suíte	22,03	1,58	1,76	7,17	0,89	Não
Dormitório 02	8,40	1,1	0,67	13,09	1,63	Sim
Dormitório 03	11,36	1,02	0,90	8,97	1,12	Sim
Dormitório 04	13,26	1,21	1,06	9,12	1,14	Sim
Dormitório 05	12,30	2,0	0,98	16,26	2,03	Sim
Dormitório Empregada	5,04	0,63	0,40	12,5	1,56	Sim
Copa/Salas	90,42	18,83	7,23	20,85	2,60	Sim
Sala 02	18,51	4,0	1,48	21,60	2,70	Sim

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.13 RESIDÊNCIA 4.13

Figura 40 - Fachada frontal da Residência 4.13



Fonte: Sestrem (2015)

Esta residência é organizada por dois retângulos (em *L*), vinculados pela cozinha, que determina a divisão entre as zonas íntima/social e a zona de serviços. Encontram-se, nesta obra, disposições pouco frequentes dos ambientes, quando comparada às outras obras da amostragem, como a cozinha e os banheiros situados na fachada frontal da residência – orientação sul (Figura 41).

A adoção dos pátios nesta residência (Figura 42) deixa claro o protagonismo deste recurso na organização dos ambientes. O pátio maior, orientado ao sul, é determinante para a privacidade na cozinha, enquanto amplifica a iluminação natural neste ambiente e também na sala de jantar e sala de estar. E, a presença das pérgolas consolida a peculiaridade deste espaço. O segundo pátio se mostra igualmente determinante quanto à iluminação natural nos banheiros; ambientes que habitualmente costumam ser dotados de aberturas *standard* definidas pela construção civil. Sobre a organização pouco convencional desta residência quanto à rua, e a “renúncia a estabelecer uma hierarquia ao confrontar o projeto”, Mendes (2015), destacou:

Se no setor íntimo os ambientes eram orientados ao pátio posterior, no setor de serviços – como cozinha e banheiros, estes ambientes eram articulados por pátios exclusivos e ajardinados, no justo limite entre a construção e a ‘rua’. Tal sutileza, determinante na solvência do projeto, chega a estender-se também à caixa d’água, feito que em situações frequentes não reclamaria a atenção de parte dos arquitetos (MENDES, 2015).

A disposição ortogonal dos ambientes – determinada por eixos evidentes -, o protagonismo dos elementos construtivos e os materiais empregados são

determinantes para o reconhecimento dos critérios do modernismo no projeto desta residência. Para Mendes (2015), no processo da concepção arquitetônica no modernismo, “a identidade do objeto dependia equivalentemente de todos os seus componentes, residia sobre alguns critérios de projeto que encontravam na síntese formal sua essência”.

Os dormitórios estão orientados ao norte e providos com muxarabis de correr e beirais. A sala de jogos está situada no extremo do retângulo, que conforma a zona de serviços, sendo acessado apenas externamente. A presença de churrasqueira neste espaço fez com que o mesmo não fosse considerado nesta pesquisa. Quanto aos aspectos construtivos, destacam-se:

- lajes de 6 cm na cobertura;
- camada de ar de 39 cm entre a cobertura e a laje da cobertura;
- pérgolas de concreto armado com espessuras de 8 cm;
- os muros de pedra que são utilizados externamente, assim como nos ambientes internos: banheiros e sala de jogos;
- as calhas de concreto armado;
- a caixa d'água, de concreto armado, de formato piramidal porém invertido.

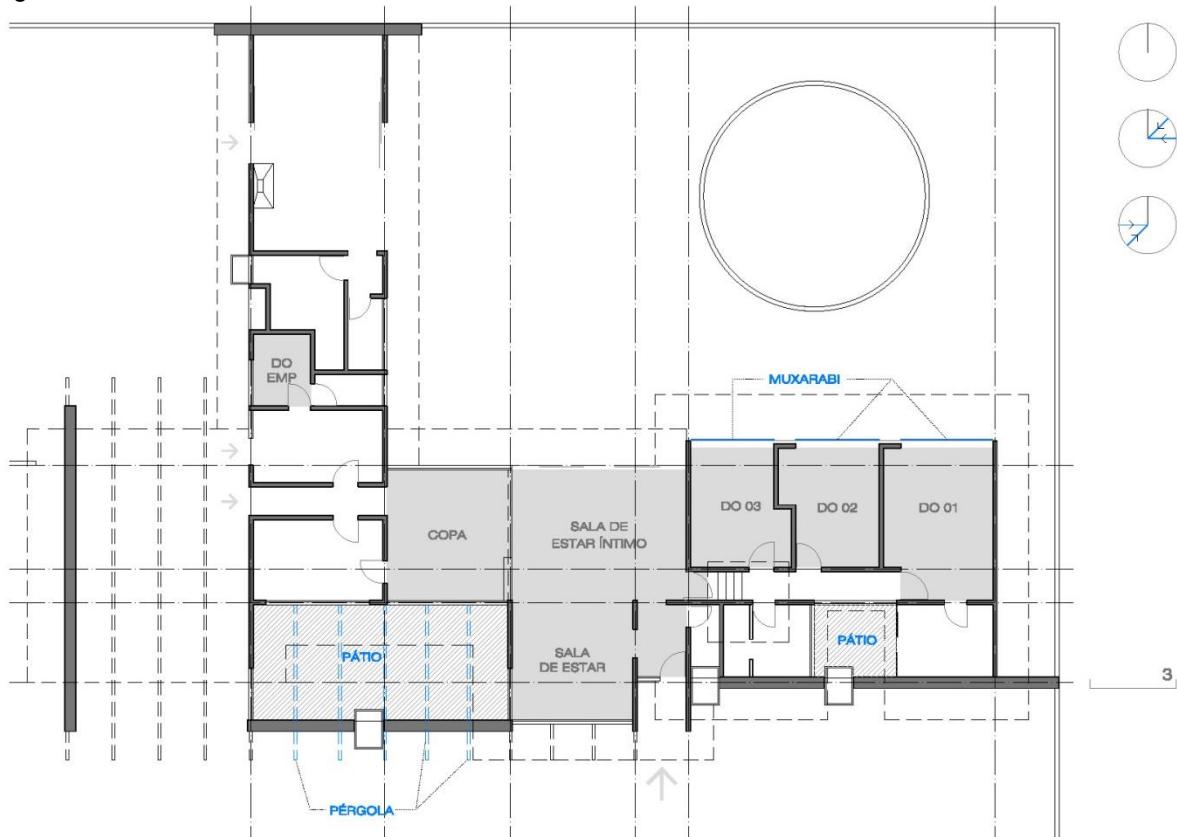
Na tabela 137 estão dispostas as informações obtidas no levantamento dos dados, como autoria e ano do projeto. As informações construtivas podem ser observadas na Tabela 138. Enquanto na Tabela 139 estão listados os ambientes avaliados e suas dimensões.

Tabela 137 - Informações cadastrais da Residência 4.13

Localização	Rua Lages, 900 - América
Ano do projeto	1972
Autor	Arq. Luis Napoleão Carias de Oliveira
Orientação da fachada frontal	Sul

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Figura 41 - Planta Baixa da Residência 4.13



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Tabela 138 - Características construtivas da Residência 4.13

Paredes externas	15 cm e 40 cm (pedra)
Paredes internas	15 cm
Tipo de alvenaria	Não especificada
Cobertura	Fibrocimento modulada
Laje da Cobertura	6 cm
Pintura externa	Não especificada
Venezianas	Inexistente
Muxarabi	Correr
Vidros	Não especificados
Claraboia	Inexistente
Forro	Inexistente
Beirais	1,10 – 1,20 – 1,25 – 1,30 – 1,40 – 1,60 cm

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Tabela 139 - Programa de necessidades da Residência 4.13

Ambientes	Área (m ²)	APP
Dormitório 01 - Suíte	19,45	X
Dormitório 02	13,22	X
Dormitório 03	13,68	X
Dormitório Empregada	5,00	X
Sala de Estar Íntimo	28,25	X
Sala de Estar	17,43	X
Sala de Jantar	19,79	X

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.13.1 Análise do projeto original

Identificou-se a baixa eficiência do sombreamento adotado nesta residência, para os ambientes de uso comum (Tabela 141). Em contraste com os dormitórios de outras residências, nesta obra, apenas um destes obteve etiqueta A. Vê-se que estes resultados decorrem da absorção das envoltórias desta residência – 0,71 (Tabela 140). Ao se comparar os dormitórios 01 e 03, nota-se como a relação entre a área de envoltória x absorção (0,71) foi determinante na etiquetagem destes ambientes: 1,92 m² de envoltória no Dormitório 03 e 19,20 m² de envoltória no Dormitório 01. Quanto ao Dormitório 02, os dados de *transmitância* e *capacidade térmica* não foram inseridos, pois esta área de 1,92 m² é totalmente protegida por muxarabi, com as mesmas dimensões. Ademais, se fosse desconsiderada também a inserção da área, na planilha RTQ-R, a etiqueta deste APP seria A e o GHR seria 2763. Contudo, a pontuação não seria alterada. A média dos GHR encontrada foi de 7510 e sua pontuação final correspondeu a 2,43 e etiqueta D (Tabela 142).

Tabela 140 - Pré-requisitos das envoltórias da Residência 4.13

	$\alpha > 0,6$ (adimensional)	$U \leq 2,50$ [W/(m ² K)]	$Ct \geq 130$ [kJ/(m ² K)]	Atendimento	Descrição
Parede	0,71	2,28	168	Sim	Tabela D.3
	$\alpha > 0,6$ (adimensional)	$U \leq 1,50$ [W/(m ² K)]	Ct Sem exigência	Atendimento	Descrição
Cobertura	0,85	2,06	233	Não	Nº 9

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Tabela 141 - Percentual de sombreamento e orientação das aberturas da Residência 4.13

APP	Período de sombreamento (%)	Orientação	Somb RTQ-R
Dormitório 01 - Suíte	100	N	0,18
Dormitório 02	100	L	0,14
Dormitório 03	100	O	0,37
Dormitório Empregada	41	O	0,27
Sala de Jantar/ Estar/Estar Íntimo/Hall	39	NNE, SSO, ONO	0,29

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Tabela 142 - Etiquetagem dos APPs do projeto original da Residência 4.13

APP	α_{Cob}	GHR
Dormitório 01 - Suíte	D	12021
Dormitório 02	B	5824
Dormitório 03	A	-13064
Dormitório Empregada	E	17680
Sala de Jantar/Estar/Estar Íntimo/Hall	E	15089
Resultado da envoltória	D	7510

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.13.2 Verificação 01

Nesta verificação, identificaram-se duas situações singulares: a não atribuição da etiqueta *A* ao dormitório 01, e a inalteração da etiqueta *E* no dormitório da empregada – voltado ao oeste. Isto é, a alteração na absorção da cobertura mostrou-se pouco significativa para atenuar o desconforto térmico na dependência da empregada (α_{par} 0,71). Os resultados encontrados são: etiqueta final *B* (3,72), *GHR* médio de 3107 e 35,11% de aprimoramento no desempenho térmico (Tabela 143).

Tabela 143 - Etiquetagem dos APPs da Verificação 01 da Residência 4.13

APP	α_{Cob}	GHR	Efetividade (%)
Dormitório 01 - Suíte	B	8079	32,79
Dormitório 02	A	2449	57,94
Dormitório 03	A	-17020	30,28
Dormitório Empregada	E	15505	12,30
Sala de Jantar/Estar/Estar Íntimo/Hall	B	6522	56,77
Resultado da envoltória	B	3107	35,11

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.13.3 Verificação 02

O dormitório da empregada foi alterado de *E* para *D*, mostrando-se como a única alteração significativa. A Tabela 144 apresenta os resultados obtidos: etiqueta final *C*, pontuação 2,52, *GHR* médio de 6101 e aprimoramento de 14,57% no desempenho térmico dos ambientes originalmente não sombreados.

Tabela 144 - Etiquetagem dos APPs da Verificação 02 da Residência 4.13

APP	Somb (1,0)	GHR	Efetividade (%)
Dormitório 01 - Suíte	D	12021	00,00
Dormitório 02	B	5824	00,00
Dormitório 03	A	-13604	4,13
Dormitório Empregada	D	14061	20,46
Sala de Jantar/Estar/Estar Íntimo/Hall	D	12204	19,11
Resultado da envoltória	C	6101	14,57

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.13.4 Verificação 03

As seguintes alterações foram adotadas com o intuito de obter a etiqueta *A*:

- absorção da envoltória parede igual a 0,15;
- absorção da envoltória cobertura igual a 0,29;

- sombreamento total nas aberturas das salas e dormitório da empregada.

Entretanto, não foi possível obter a etiquetagem A, ainda que outras alterações tenham sido consideradas no único ambiente que obteve etiqueta B – o dormitório de empregada. Neste ambiente também considerou-se F_{vent} igual a 1,0; absorância da cobertura igual a 0,15 e absorância da parede igual a 0,15. Contudo, não obteve-se alteração na avaliação final. Os resultados encontrados foram: nota final B (4,39), GHR médio de -2643 e desempenho térmico aprimorado em 80,25% (Tabela 145).

Tabela 145 - Etiquetagem dos APPs da Verificação 03 da Residência 4.13

APP	Conforto térmico	GHR	Efetividade (%)
Dormitório 01 - Suíte	A	1726	85,64
Dormitório 02	A	1100	81,11
Dormitório 03	A	-21426	64,00
Dormitório Empregada	B	6398	63,81
Sala de Jantar/Estar/Estar Íntimo/Hall	A	-1014	106,72
Resultado da envoltória	B	-2643	80,25

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.13.5 Iluminação natural

Todos os APPs superaram em pelo menos duas vezes a área mínima recomendada (Tabela 146). O APP que apresentou o melhor índice foi o Dormitório 02, superando em mais de quatro vezes a área recomendada (4,49).

Tabela 146 - Comparaçao entre áreas de iluminação existentes e mínimas da Residência 4.13

APP	AUamb	ATIN	Amin	A ≥ 12,5%	E	Atende
Dorm 01 Suíte	19,45	8,19	2,43	42,10	3,36	Sim
Dorm 02	13,22	7,42	1,65	56,12	4,49	Sim
Dorm 03	13,68	7,42	1,71	54,23	4,33	Sim
Dorm Emp	5,00	1,79	0,625	35,8	2,86	Sim
Sl Jan/Est/Est Ínt/Hall	70,2	48,95	8,77	69,72	5,57	Sim

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.13.6 Ventilação natural

As áreas mínimas também foram atendidas neste pré-requisito (Tabela 147). Nota-se que a superação em mais de quatro vezes no dormitório da empregada não influenciou positivamente a etiqueta encontrada para o projeto original - E.

Tabela 147 - Comparação entre áreas de ventilação existentes e mínimas da Residência 4.13

APP	AUamb	Av	Amin	A ≥ 8%	E	Atende
Dorm 01 Suíte	19,45	4,6	1,55	23,65	2,95	Sim
Dorm 02	13,22	4,17	1,05	31,54	3,94	Sim
Dorm 03	13,68	4,17	1,09	30,48	3,81	Sim
Dorm Emp	5,00	1,79	0,4	35,8	4,47	Sim
SI Jan/Est/Est Ínt/Hall	70,2	25,44	5,61	36,23	4,52	Sim

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.14 RESIDÊNCIA 4.14

Figura 42 - Fachada frontal da Residência 4.14



Fonte: sestrem, 2015.

Na fachada frontal desta residência estão situadas a cozinha e os ambientes sociais, orientados ao oeste e providos apenas do beiral para proteção solar (Figura 43). Entretanto, o desalinhamento entre a parte as envoltórias da cozinha e despensa e as aberturas das salas acaba gerando beirais de profundidades discrepantes; muito mais salientes nas aberturas da sala de jantar e sala de estar. Os volumes paralelos e correspondentes à zona social e à zona íntima são separados pela sala de estar íntimo, que também incorpora a circulação que leva ao pavimento inferior (garagem e serviços) (Figura 44).

Notam-se divergências entre as aberturas na obra existente e no projeto de aprovação da prefeitura, na Cozinha e na Despensa. Na cozinha o projeto aprovado apresenta a abertura ajustada à largura total do ambiente, enquanto na obra existente ela se mostra menor e centralizada no ambiente. A abertura da Despensa (identificada no projeto) está orientada ao norte e é representada

do mesmo modo como a abertura da cozinha. Entretanto, como se observa na Figura 44, esta abertura está situada na parede adjacente, orientada ao oeste. O Living é definido por aberturas amplas e opostas, favorecendo a ventilação cruzada (Figura 44). Na parte posterior deste ambiente (a leste), encontra-se uma varanda coberta com profundidade de 2,10 m, enquanto a face oeste possui um beiral de 1,20 m.

Segundo o projeto, a cozinha é o terceiro ambiente a receber ventilação cruzada sem depender da abertura de portas, também por meio de aberturas opostas, orientadas ao leste e ao oeste. Os dormitórios possuem suas aberturas na varanda posterior, ao leste. Nestes ambientes, além da cobertura (beiral) de 1,10 m, como elemento para o sombreamento das aberturas, encontram-se, também, venezianas de alumínio. No pavimento inferior, o Dormitório da Empregada possui abertura orientada ao leste com a proteção do volume superior projetado em 1,50 m (Figura 45). Na tabela a seguir estão dispostas as informações sobre os dados cadastrais levantados na etapa inicial da pesquisa. Nas Tabelas 149 e 150 são apresentados, respectivamente, as características construtivas e os APPs desta residência.

Tabela 148 - Informações cadastrais da Residência 4.14

Localização	Rua Aquidaban, 490 - Atiradores
Ano do projeto	1974
Autor	Arq. Ântonio Alberto Cortez
Orientação da fachada frontal	Oeste

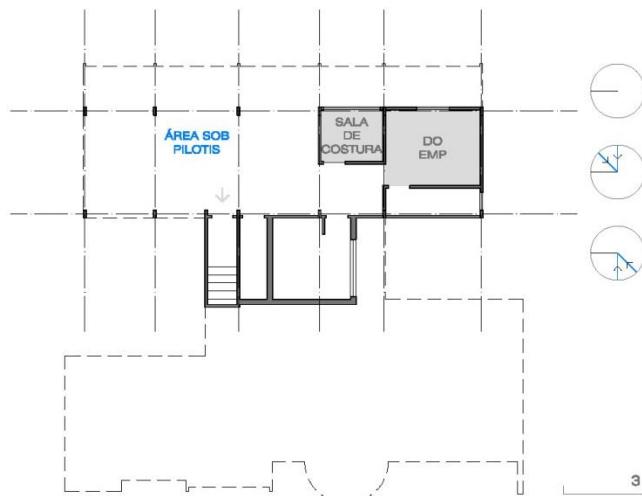
Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Figura 43 - Planta Baixa do pavimento térreo da Residência 4.14



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Figura 44 – Planta Baixa do pavimento inferior da Residência 4.14



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Tabela 149 - Características construtivas da Residência 4.14

Paredes externas	20 e 10 cm
Paredes internas	10 cm
Tipo de alvenaria	Não especificado
Cobertura	Alumínio (inclinação 10%) e laje impermeabilizada ⁵⁹
Laje da Cobertura	10 cm
Pintura externa	P.V.A.
Venezianas	Madeira (nos dormitórios) – no projeto Alumínio (nos dormitórios) – <i>in loco</i>
Vidros	6 mm na fachada frontal e 3 mm nos demais ambientes
Claraboia	Inexistente
Forro	Inexistente
Beirais	0,10 a 1,60 m

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Tabela 150 – Programa de necessidades da Residência 4.14

Ambientes	Área (m ²)	APP
Dormitório 01/Closet – Suíte	16,52	X
Dormitório 02	8,79	X
Dormitório 03	13,24	X
Dormitório Empregada	9,80	X
Sala Estar íntimo/Jantar	42,58	X
Sala Jogos/Living/Hall	35,64	X
Escritório	6,20	X
Sala de Costura	4,37	X

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

⁵⁹ Identificou-se incongruência nesta informação. Na planta de cobertura, consta a especificação fibrocimento, enquanto no memorial descritivo, a especificação determina telha de alumínio. Adotou-se a telha de alumínio devido à presença desta em outras obras do mesmo autor.

4.14.1 Análise do projeto original

De acordo com o projeto original da residência, apenas um APP obteve etiqueta A, o Dormitório 2. Entende-se que o fator mais significativo deve-se à presença de envoltória apenas voltada para o leste, situação não existente nos demais dormitórios. Nota-se como as aberturas na Sala de Estar Íntimo estão condicionadas pelos volumes que se prolongam nas suas laterais. Na face sul, a abertura está contida pela varanda do Living e Dormitório 3; na face norte, a abertura está contida entre o Dormitório 1, Cozinha e Despensa. Os ventos diurnos encontram primeiramente os dormitórios da zona íntima e tendem a favorecer com menor intensidade a cozinha. Enquanto os ventos noturnos encontram o Living e Sala de Jantar. A melhor disposição para a ventilação cruzada é encontrada no Living, ainda que seja no período noturno.

Convém, também, destacar a presença de laje impermeabilizada sobre a Sala de Jogos. A ausência de limite entre este ambiente e o Living mostrou necessária a ponderação dos valores para C_T e U quanto a envoltória Cobertura. Assim, considerou-se a *Descrição 03* do Anexo Geral V (PROCEL et. al, 2012a) para referenciar os índices⁶⁰ necessários para a laje impermeabilizada (Tabela 151). Contudo, apesar da ponderação, verificou-se que a consideração de cobertura de alumínio sobre os dois ambientes não alteraria a etiqueta deste APP e tampouco a etiquetagem final, C.

Na Tabela 152 pode-se verificar que apesar da ausência de incidência solar no Escritório, o somb atribuído correspondeu a 0,5, devido à transferência de calor por radiação. Entre os demais ambientes desprovidos de venezianas, destaca-se a Sala de Estar íntimo/Jantar como o APP com melhor proveito quanto ao sombreamento.

Finalmente, destaca-se a adoção das envoltórias de 20 cm no Living (orientação sul) e na despensa (orientação norte), enquanto os dormitórios possuem envoltórias de 10 cm e paredes internas, também, de 10 cm. A pontuação obtida foi C (3,01) e GHR médio 7683 (Tabela 153).

⁶⁰ $C_T = 2,29$ e $U = 132$

Tabela 151 - Pré-requisitos das envoltórias da Residência 4.14

	$\alpha \leq 0,6$ (adimensional)	$U \leq 3,70$ [W/(m ² K)]	$Ct \geq 130$ [kJ/(m ² K)]	Atendimento	Descrição
Parede ⁶¹	0,11	3,67	1,84	Sim	-
	$\alpha \leq 0,6$ (adimensional)	$U \leq 2,30$ [W/(m ² K)]	Ct Sem exigência	Atendimento	Descrição
Cobertura	0,52	1,82	169	Sim	Nº 17

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Tabela 152 - Percentual de sombreamento e orientação das aberturas da Residência 4.14

APP	Período de sombreamento (%)	Orientação	Somb RTQ-R
Dormitório 01 - Suíte	100	N	1
Dormitório 02	100	L	1
Dormitório 03	100	O	1
Dormitório Empregada	58	L	0,38
Sala Estar íntimo/Jantar	66	N, S, O	0,58
Sala Jogos/Living/Hall	21	L, O, NO, SO	0,27
Escritório	100	S	0,5
Sala de Costura	51	L	0,34

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Tabela 153 - Etiquetagem dos APPs do projeto original da Residência 4.14

APP	α_{Cob} 0,52	GHR
Dormitório 01/Closet – Suíte	B	7827
Dormitório 02	A	3025
Dormitório 03	B	6220
Dormitório Empregada	B	6589
Sala Estar íntimo/Jantar	C	8435
Sala Jogos/Living/Hall	D	12836
Escritório	B	5505
Sala de Costura	C	11031
Resultado da envoltória	C	7683

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.14.2 Verificação 01

Verifica-se que apesar da alteração na etiquetagem a pontuação sofreu alteração pouco significativa, de 3,01 para 3,82. Entende-se que a redução do α_{Cob} para 0,28 não resulta em benefício consistente, quando confrontada à alteração na absorância em obras com cobertura de fibrocimento. O Dormitório de Empregada e a Sala de Costura não foram consideradas nesta verificação por não possuírem envoltória cobertura para o exterior. Os resultados obtidos foram: etiqueta final B (3,82), GHR médio de 6467 e aprimoramento de 24,49% sobre o desempenho térmico original da residência (Tabela 154).

⁶¹ Foram realizados cálculos para identificar as propriedades térmicas da envoltória de espessura final de 10 cm.

Tabela 154 - Etiquetagem dos APPs da Verificação 01 da Residência 4.14

APP	α_{Cob} 0,28	GHR	Efetividade (%)
Dormitório 01/Closet – Suíte	B	6348	18,89
Dormitório 02	A	1803	40,39
Dormitório 03	A	4850	22,02
Dormitório Empregada	B	6589	0,0
Sala Estar íntimo/Jantar	B	6029	28,52
Sala Jogos/Living/Hall	C	10722	16,46
Escritório	A	4369	20,63
Sala de Costura	C	11031	0,00
Resultado da envoltória	B	6467	24,49

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.14.3 Verificação 02

Esta hipótese levou o APP (Sala de jogos/Living/Hall) da etiqueta C para a etiqueta A, enquanto os demais ambientes originalmente não sombreados obtiveram alteração para a etiqueta superior seguinte. Vê-se, portanto, a relevância do sombreamento neste APP orientado ao oeste (Living/Sala de Jogos). A nota final *B* (4,34) e o *GHR* médio de 5396 propiciaram melhoria de 39,53% sobre o projeto original (Tabela 155).

Tabela 155 - Etiquetagem dos APPs da Verificação 02 da Residência 4.14

APP	Somb (1,0)	GHR	Efetividade (%)
Dormitório 01/Closet – Suíte	B	7827	0,0
Dormitório 02	A	3025	0,0
Dormitório 03	B	6220	0,0
Dormitório Empregada	A	3827	41,91
Sala Estar íntimo/Jantar	B	5604	33,56
Sala Jogos/Living/Hall	A	4947	61,45
Escritório	A	3624	34,16
Sala de Costura	B	8099	26,57
Resultado da envoltória	B	5396	39,53

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.14.4 Verificação 03

Ainda que se tenha obtido a etiqueta final *A*, os APPs Sala de Costura e Dormitório 01 obtiveram apenas nota *B* (Tabela 156). As alterações consideradas se detiveram sobre quesitos como sombreamento e ventilação. Nos casos onde a suposição de *Fevent* igual a 1,0 não conduziu à etiqueta *A*, considerou-se o valor original, do projeto atual. O APP que se mostrou mais beneficiado correspondeu ao Living/Sala de Jogos, com 78,48%. Atribuiu-se a

nota final A (4,80), GHR médio de 4183 e aprimoramento de 43,01% no desempenho.

Tabela 156 - Etiquetagem dos APPs da Verificação 03 da Residência 4.14

APP	Conforto térmico	GHR	Efetividade (%)
Dormitório 01/Closet– Suíte	B	6348	18,89
Dormitório 02	A	1803	40,39
Dormitório 03	A	4850	22,02
Dormitório Empregada	A	3827	41,91
Sala Estar íntimo/Jantar	A	3290	60,99
Sala Jogos/Living/Hall	A	2762	78,48
Escritório	A	2488	54,80
Sala de Costura	B	8099	26,57
Resultado da envoltória	A	4183	43,01

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

7.14.5 Iluminação natural

Apenas o Dormitório da Empregada não cumpriu a área mínima para iluminação. E, como se vê na Tabela 157, a maior superação foi encontrada na Sala de Jogos/Living/Hall, de 4,27 vezes sobre a área mínima definida como pré-requisito.

Tabela 157 - Comparação entre áreas de iluminação existentes e mínimas da Residência 4.14

APP	AUamb	ATIN	Amin	A ≥ 12,5%	E	Atende
Dorm 01/Closet	16,52	2,52	2,06	15,25	1,22	Sim
Dorm 02	8,79	2,52	1,09	28,66	2,29	Sim
Dorm 03	13,24	2,52	1,05	19,03	1,52	Sim
Dorm Emp	9,80	1,15	1,22	11,73	0,93	Não
SI Est Ínt/Jant	42,58	13,93	5,32	32,71	2,61	Sim
SI Jogos/Living/Hall	35,64	19,03	4,45	53,39	4,27	Sim
Biblioteca	6,20	3,20	0,77	51,61	4,12	Sim
Sala Costura	4,37	1,00	0,54	22,88	1,83	Sim

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.14.6 Ventilação natural

Como se pode observar na Tabela 158, o Dormitório da Empregada também não cumpriu a área mínima para este item, entretanto, nota-se que a etiqueta para o seu projeto original corresponde a B. E, com o sombreamento de sua abertura, ela obteria A. O ambiente com melhor ventilação corresponde ao escritório, superando a área mínima em 3,62 vezes.

Tabela 158 - Comparação entre áreas de ventilação existentes e mínimas da Residência 4.14

APP	AUamb	Av	Amin	A ≥ 8%	E	Atende
Dorm 01/Closet	16,52	2,52	1,32	15,25	1,90	Sim
Dorm 02	8,79	2,52	0,70	28,66	3,58	Sim
Dorm 03	13,24	2,52	1,65	19,03	1,52	Sim
Dorm Emp	9,80	0,64	0,78	6,61	0,82	Não
SI Est Ínt/Jant	42,58	7,80	5,32	32,71	2,61	Sim
SI Jogos/Living/Hall	35,64	9,98	2,85	28,00	3,50	Sim
Biblioteca	6,20	1,80	0,49	29,03	3,62	Sim
Sala Costura	4,37	1,00	0,34	22,88	2,86	Sim

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.15 RESIDÊNCIA 4.15

Figura 45 - Fachada frontal da Residência 4.15



Fonte: SESTREM, 2015.

Esta residência possui seu volume principal orientado no sentido norte-sul e, sua zona social está orientada ao oeste (Figura 46), assim como a Sala de Estar Íntimo. Contrariamente à residência 4.14, aqui as envoltórias de 20 cm são mais frequentes, adotadas em quase todo o perímetro da residência, excetuando-se os dormitórios e as envoltórias que definem os banheiros e o closet da zona íntima.

Destacam-se, nesta obra, a circulação íntima independente da zona social, os volumes cilíndricos que definem o acesso à garagem (no pavimento inferior) e o lavabo (Figura 47). As varandas dispostas nos ambientes sociais – Living e Sala de Jantar, e na Sala de Estar Íntimo e Copa. Na face oeste o beiral apresenta sua menor profundidade (0,40 m), enquanto nas outras orientações sua dimensão varia entre 0,80 e 1,0 m. Vê-se a ventilação cruzada mais efetiva nos ambientes a seguir: Dormitório 01/Closet, Living/Sala de Jantar, Copa/Sala de Estar Íntimo e Lavanderia.

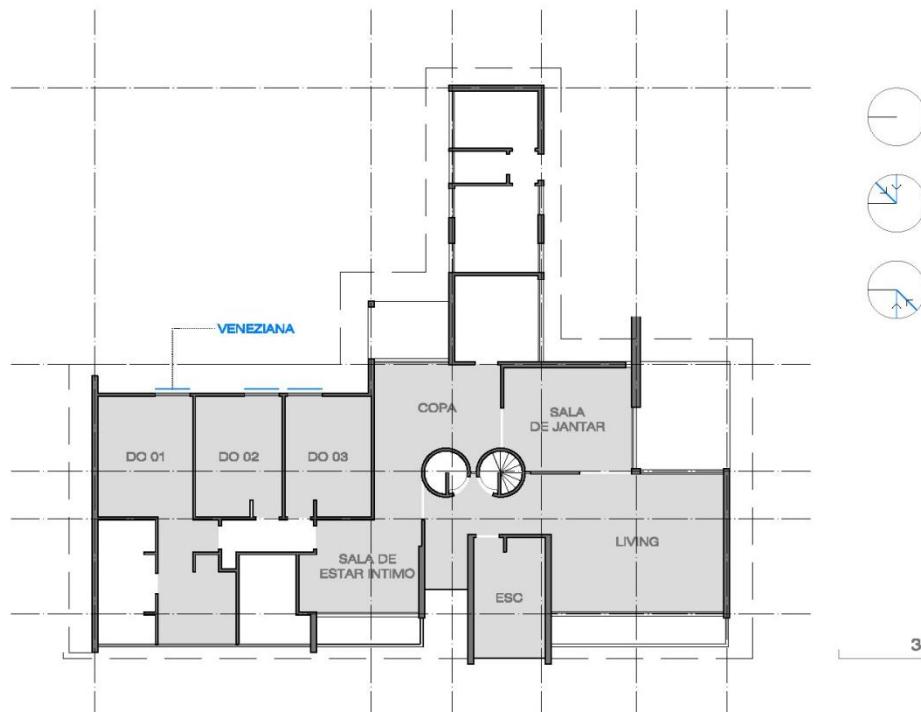
As informações de autoria e ano da obra, entre outras, podem ser observadas na Tabela 159. Na Tabela 160 estão contidas as informações quanto aos aspectos construtivos desta residência. Os APPs estão identificados na Tabela 161.

Tabela 159 - Informações cadastrais da Residência 4.15

Localização	R. Euzébio de Queiroz, 73 – Atiradores
Ano do projeto	1972
Autor	Arq. Antonio Alberto Cortez
Orientação da fachada frontal	Oeste

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Figura 46 - Planta Baixa da Residência 4.15



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Tabela 160 - Características construtivas da Residência 4.15

Paredes externas	10 e 20cm
Paredes internas	10 e 20cm
Tipo de alvenaria	Não especificado
Cobertura	Telha de alumínio galvanizado
Laje da Cobertura	Não especificada
Pintura externa	P.V.A.
Venezianas	Madeira Imbuia envernizada
Vidros	Não especificados
Claraboia	-
Forro	-
Beirais	0,40 – 0,80 – 1,0m

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Tabela 161 - Programa de necessidades da Residência 4.15

Ambientes	Área (m ²)	APP
Dormitório 01	13,86	X
Dormitório 02	12,54	X
Dormitório 03	12,54	X
Escritório	9,75	X
Sala de Estar Íntimo	12,43	X
Sala de Jantar	16,46	X
Living	29,40	X
Copa	14,60	X

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.15.1 Análise do projeto original

Nesta residência observou-se o cumprimento dos pré-requisitos nas duas envoltórias: paredes e cobertura (Tabela 162). Assim como na residência 4.02, do mesmo autor e com o mesmo tipo de cobertura. Quanto ao sombreamento, observam-se duas orientações predominantes nas aberturas, norte e oeste (Tabela 163).

Vê-se, de acordo com a Tabela 164, a atribuição da etiqueta *D* exclusivamente aos ambientes que possuem aberturas para o oeste. Enquanto na zona íntima, o Dormitório 01 recebeu etiqueta *C*. Entende-se, com isso, que a envoltória norte (com 20 cm) não resultou em etiqueta *A* para o Dormitório 01 - como nos demais dormitórios. Os resultados finais obtidos são: etiqueta *C* (2,77) e *GHR* médio de 8789.

Tabela 162 - Pré-requisitos das envoltórias da Residência 4.15

	$\alpha \leq 0,6$ (adimensional)	$U \leq 3,70$ [W/(m ² K)]	$Ct \geq 130$ [kJ/(m ² K)]	Atendimento	Descrição
Parede	0,15	2,43	205	Sim	Tabela D.3
	$\alpha \leq 0,6$ (adimensional)	$U \leq 2,30$ [W/(m ² K)]	Ct Sem exigência	Atendimento	Descrição
Cobertura	0,52	1,82	169	Sim	nº 17

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Tabela 163 - Percentual de sombreamento e orientação das aberturas da Residência 4.15

APP	Período de sombreamento (%)	Orientação	Somb RTQ-R
Dormitório 01/Closet	100	N	1
Dormitório 02	100	N	1
Dormitório 03	100	N	1
Escritório	15	O	0,10
Sala de Estar Intimo/Copa	32,91	O, L	0,22
Sala de Jantar	100	S	0,50
Living/Hall	51,89	L, O	0,31

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Tabela 164 - Etiquetagem dos APPs do projeto original da Residência 4.15

APP	α_{Cob} 0,52	GHR
Dormitório 01/Closet	C	8505
Dormitório 02	A	3032
Dormitório 03	A	2995
Escritório	D	12436
Sala de Estar Intimo/Copa	E	15355
Sala de Jantar	A	4869
Living/Hall	D	14333
Resultado da envoltória	C	8789

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.15.2 Verificação 01

Segundo esta verificação, identificou-se o aumento de 0,33 ponto sobre a pontuação original (3,1), mostrando-se pouco eficiente nos ambientes com avaliação mais baixa (Escritório, Sala de Estar Íntimo/Copa e Living). Os ambientes que apresentaram o maior incremento no conforto térmico já possuem etiqueta A no projeto original (Dormitórios 02 e 03 e Sala de Jantar). O maior percentual encontrado foi de 44,97% no Dormitório 03. Os resultados finais levaram à nota C (3,1) e ao GHR médio de 7175. O incremento sobre o desempenho térmico original foi de 25,40% (Tabela 165).

Tabela 165 - Etiquetagem dos APPs da Verificação 01 da Residência 4.15

APP	α_{Cob} 0,28	GHR	Efetividade (%)
Dormitório 01/Closet	B	6766	20,44
Dormitório 02	A	1686	44,39
Dormitório 03	A	1648	44,97
Escritório	C	11160	10,26
Sala de Estar Intimo/Copa	D	13424	12,57
Sala de Jantar	A	3422	29,71
Living/Hall	D	12119	15,44
Resultado da envoltória	C	7175	25,40

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.15.3 Verificação 02

A alteração do *somb* para 1,0 não atribuiu etiqueta A a nenhum APP desprovido de veneziana em suas aberturas. Contudo, observou-se que a esta verificação gerou percentual máximo superior 50,28% (no Living) contra o incremento máximo obtido no clareamento da cobertura (44,97% no Dormitório 03). Esta hipótese elevou a nota original C para B (4,09). O desempenho térmico foi aprimorado em 43,19% (Tabela 166).

Tabela 166 – Etiquetagem dos APPs da Verificação 02 da Residência 4.15

APP	Somb (1,0)	GHR	Efetividade (%)
Dormitório 01/Closet	C	8505	00,00
Dormitório 02	A	3032	00,00
Dormitório 03	A	2995	00,00
Escritório	B	6406	48,48
Sala de Estar Íntimo/Copa	C	9790	36,24
Sala de Jantar	A	3031	37,74
Living/Hall	B	7125	50,28
Resultado da envoltória	B	5840	43,19

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.15.4 Verificação 03

A atribuição de etiqueta *B* à Sala de Estar Íntimo/Copa e ao Dormitório 01 não comprometeu a etiquetagem final *A* para esta UH. Nota-se, deste modo, que o clareamento da cobertura e sombreamento total nas aberturas destes ambientes não são suficientes para garantir a pontuação máxima. Ressalta-se que entre os ambientes que receberam etiqueta *A*, três já a possuíam no projeto original desta residência. A pontuação da Envoltória para o verão foi de 4,75. Obteve-se eficiência 50,08% superior ante o desempenho térmico do projeto original (Tabela 167).

Tabela 167 – Etiquetagem dos APPs da Verificação 03 da Residência 4.15

APP	Conforto térmico	GHR	Efetividade (%)
Dormitório 01/Closet	B	6766	20,44
Dormitório 02	A	1686	44,39
Dormitório 03	A	1648	44,97
Escritório	A	5131	58,74
Sala de Estar Íntimo/Copa	B	7858	48,82
Sala de Jantar	A	1584	67,46
Living/Hall	A	4911	65,73
Resultado da envoltória	A	4226	50,08

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.15.5 Iluminação natural

Observou-se o cumprimento de todos os APPs quanto à área mínima neste pré-requisito (Tabela 168). Escritório mostrou-se com a maior relação entre áreas mínima x existente – superação de 5,37 vezes. Ainda que seja um valor significativo, há que se considerar a orientação desta abertura para o oeste e desprovida de sombreamento externo consistente: veneziana, *brise-soleil* ou muxarabi.

Tabela 168 - Comparaçao entre áreas de iluminação existentes e mínimas da Residênci 4.15

APP	AUamb	ATIN	Amin	A ≥ 12,5%	E	Atende
Dormitório 01/Closet	24,36	4,08	3,04	16,74	1,33	Sim
Dormitório 02	12,54	3	1,56	23,92	1,91	Sim
Dormitório 03	12,54	3	1,56	23,92	1,91	Sim
Escritório	10,41	7	1,30	67,24	5,37	Sim
SI de Estar Int/Copa	30,15	12,29	3,76	40,76	3,26	Sim
Sala de Jantar	15,57	4,72	1,94	30,31	2,42	Sim
Living/Hall	38,66	20,5	4,83	53,02	4,24	Sim

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.15.6 Ventilação natural

Neste quesito, o Escritório mostrou-se como o APP com melhor rendimento, superando em quase cinco vezes o percentual recomendado, de acordo com a Tabela 169. Contudo, conclui-se que esta área para ventilação não garante melhor resultado quanto ao desempenho térmico deste APP. Todos os APPs cumpriram as áreas mínimas e, a menor relação superou em quase duas vezes o recomendado, na Sala de Jantar.

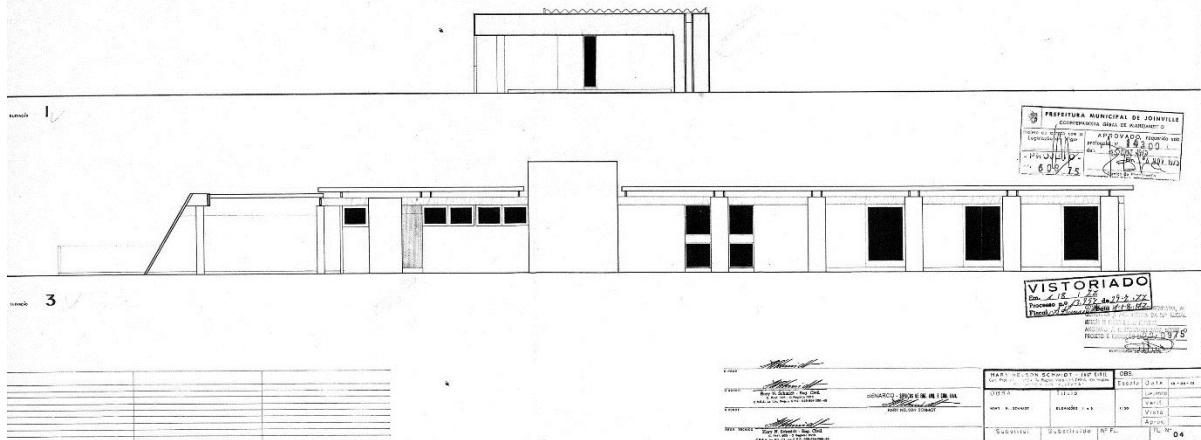
Tabela 169 - Comparaçao entre áreas de ventilação existentes e mínimas da Residênci 4.15

APP	AUamb	Av	Amin	A ≥ 8%	E	Atende
Dormitório 01/Closet	24,36	4,08	1,94	16,78	2,09	Sim
Dormitório 02	12,54	3	1,00	23,92	2,99	Sim
Dormitório 03	12,54	3	1,00	23,92	2,99	Sim
Escritório	10,41	3,93	0,83	37,75	4,71	Sim
SI de Estar Int/Copa	30,15	6,91	2,41	22,91	2,86	Sim
Sala de Jantar	15,57	2,38	1,24	15,28	1,91	Sim
Living/Hall	38,66	11,30	3,09	29,22	3,65	Sim

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.16 RESIDÊNCIA 4.16

Figura 47 - Fachadas frontal e lateral do projeto aprovado da Residência 4.16



Fonte: SEMA (2017)

Devido ao episódio da demolição desta residência, projetada em 1975 (Tabela 170), apresenta-se a planta de elevações (Figura 48) como ilustração de seus aspectos externos. Com exceção de uma pequena abertura orientada ao sul (Figura 48 – elevação superior), esta residência possui suas aberturas orientadas ao leste e ao oeste, assim como na Residência 4.4. De acordo com a Figura 49, observa-se a localização do pátio adjacente ao Living, onde o autor situa as maiores aberturas desta obra (orientação oeste). Ainda sobre este APP, nota-se que as aberturas orientadas ao leste foram concebidas em tamanho restrito quando contrapostas às aberturas do oeste (Tabela 174 e Figura 49). Quanto às envoltórias, nota-se no Dormitório 01 – face norte - a presença de espessura distinta à das outras orientações (20 cm). Vê-se, com isso, maior atenção destinada às trocas térmicas na face norte, ante as amplas aberturas orientadas ao oeste.

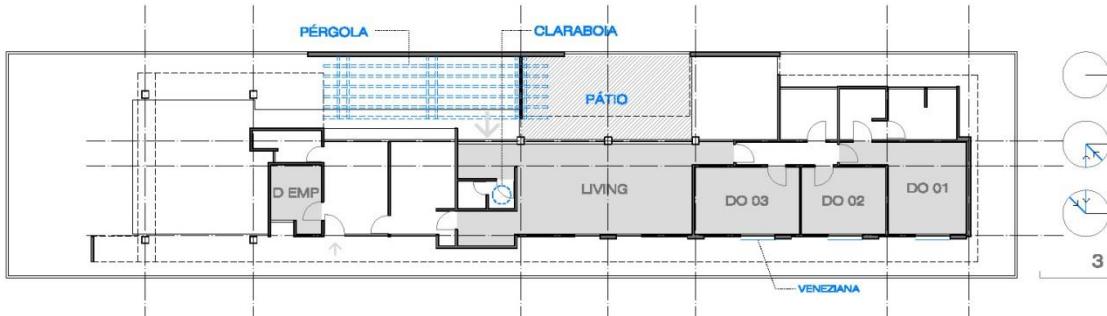
Assim como nas residências anteriores, esta apresenta critérios distintos na abordagem entre a zona íntima e a zona social. Enquanto a zona íntima é habitualmente provida de venezianas (proteções externas), os ambientes das zonas sociais são providos de amplas aberturas e desprovidos de venezianas ou elementos protetores móveis (Figura 49).

Tabela 170 - Informações cadastrais da Residência 4.16

Localização	R. Alexandre Schlemm, 50 - Bucarein
Ano do projeto	1975
Autor	Eng. Harry Nelson Schmidt
Orientação da fachada frontal	Sul

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Figura 48 - Planta Baixa da Residência 4.16



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

As informações sobre os aspectos construtivos são apresentados na Tabela 171, e na Tabela 172 são elencados os ambientes de permanência prolongada e suas respectivas áreas úteis.

Tabela 171 - Características construtivas da Residência 4.16

Paredes externas	10 e 20 cm
Paredes internas	10 cm
Tipo de alvenaria	Não especificado
Cobertura	Não especificada ⁶²
Laje da Cobertura	Inexistente
Pintura externa	Não especificada
Venezianas	Não especificada
Vidros	Não especificados
Claraboia	Não especificada
Forro	Não especificado
Beirais	0,40 – 0,80 – 1,0m

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Tabela 172 - Programa de necessidades da Residência 4.16

Ambientes	Área (m ²)	APP
Dormitório 01	15,71	X
Dormitório 02	10,65	X
Dormitório 03	13,26	X
Dormitório Empregada	5,94	X
Living	39,11	X

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.16.1 Análise do projeto original

Verificou-se que os pré-requisitos nesta residência foram cumpridos apenas no âmbito das paredes, como se vê na Tabela 173. Quanto ao sombreamento, de acordo com a Tabela 174, observa-se a orientação de aberturas para oeste apenas no Living. Contudo, as etiquetas individuais dos APPs destacam a “ineficiência” da

⁶² Considerou-se cobertura de fibrocimento por ser a cobertura utilizada em todos os projetos encontrados deste autor.

envoltória mais espessa, aplicada na envoltória norte do Dormitório 01 e reafirmam os efeitos das aberturas orientadas ao oeste no APP Living. A pontuação final da Envoltória para o verão foi *D* e sua pontuação 1,87 (Tabela 175).

Tabela 173 - Pré-requisitos das envoltórias da Residência 4.16

	$\alpha \leq 0,6$ (adimensional)	$U \leq 3,70$ [W/(m ² K)]	$Ct \geq 130$ [kJ/(m ² K)]	Atendimento	Descrição
Parede ⁶³	0,15	3,67	184,72	Sim	-
	$\alpha > 0,6$ (adimensional)	$U \leq 1,50$ [W/(m ² K)]	Ct Sem exigência	Atendimento	Descrição
Cobertura	0,85	2,02	21	Não	Nº 12

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Tabela 174 - Percentual de sombreamento e orientação das aberturas da Residência 4.16

APP	Período de sombreamento (%)	Orientação	Somb RTQ-R
Dormitório 01	100	L	1
Dormitório 02	100	L	1
Dormitório 03	100	L	1
Dormitório Empregada	67	L	0,44
Living	31,13	L, O	0,30

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Tabela 175 - Etiquetagem dos APP projeto original da Residência 4.16

APP	α_{Cob} 0,85	GHR
Dormitório 01	C	9798
Dormitório 02	A	4824
Dormitório 03	A	4835
Dormitório de Empregada	C	11435
Living	E	19944
Resultado da envoltória	D	10167

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.16.2 Verificação 01

A alteração na absorção da cobertura não foi suficiente para a obtenção da etiqueta A. Entretanto, esta verificação reduziu o GHR do Living, conferindo-lhe etiqueta D. Apesar deste APP, a pontuação final da UH obteve etiqueta C e pontuação de 3,13. O clareamento da cobertura nesta residência permitiu o aprimoramento de 43,91% sobre o projeto original (Tabela 176).

⁶³ Devido à existência de envoltórias de 10 cm, foi necessário fazer o cálculo de suas propriedades térmicas e foram obtidos os valores: $U = 3,67$ [W/(m²K)]; $Ct = 184,72$ [kJ/(m²K)]. Não constam nos Anexos, informações para envoltórias de 10 cm conforme se encontra nesta residência.

Tabela 176 - Etiquetagem dos APPs da Verificação 01 da Residência 4.16

APP	α_{Cob} 0,29	GHR	Efetividade (%)
Dormitório 01	B	6276	35,94
Dormitório 02	A	1738	63,97
Dormitório 03	A	1524	68,47
Dormitório Empregada	C	8754	23,44
Living	D	14410	27,74
Resultado da envoltória	C	6540	43,91

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.16.3 Verificação 02

Os resultados gerados pela aplicação de $somb$ 1,0 no Dormitório de Empregada e Living apresentaram menor efetividade (29,88%) quando comparados aos gerados pela alteração na cor da cobertura, nestes mesmos ambientes (25,59%). A proteção solar dos ambientes desfavorecidos elevou o desempenho térmico desta residência em 29,88% (Tabela 177). Entretanto, a nota final manteve-se *D* e sua pontuação foi elevada para 2,43.

Tabela 177 - Etiquetagem dos APPs da Verificação 02 da Residência 4.16

APP	Somb (1,0)	GHR	Efetividade (%)
Dormitório 01	C	9798	0,00
Dormitório 02	A	4824	0,00
Dormitório 03	A	4835	0,00
Dormitório Empregada	C	8965	21,60
Living	D	12333	38,16
Resultado da envoltória	D	8151	29,88

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.16.4 Verificação 03

Para a obtenção da etiqueta total *A* as alterações necessárias deram-se na absorvância da cobertura ($\alpha_{Cob} = 0,11$) e $somb$ 1,0 em todas as aberturas desprotegidas. Entretanto, com estas alterações, o APP Dormitório de Empregada obteve etiqueta *B* ($GHR = 5422$), de acordo com a Tabela 178. Com a inserção de $\alpha_{par} = 0,11$ neste ambiente, a etiqueta *A* seria obtida, e seu GHR seria 5177. Estes procedimentos levaram à nota *A* (4,83) e ao incremento de 69,98% no desempenho térmico desta residência.

Tabela 178 - Etiquetagem dos APPs da Verificação 03 da Residência 4.16

APP	Conforto térmico	GHR	Efetividade (%)
Dormitório 01	A	5144	47,49
Dormitório 02	A	746	84,53
Dormitório 03	A	460	90,48
Dormitório Empregada	B	5422	52,58
Living	A	5020	74,82
Resultado da envoltória	A	5177	69,98

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.16.5 Iluminação natural

O não cumprimento das áreas mínimas para iluminação foi identificado apenas no Dormitório de Empregada, onde chegou-se a 86% do necessário. O APP Living/Hall apresentou a maior área para iluminação em relação ao valor mínimo definido pelo RTQ-R, 4,56 sobre o necessário (Tabela 179).

Tabela 179 - Comparação entre áreas de iluminação existentes e mínimas da Residência 4.16

APP	AUamb	ATIN	Amin	A ≥ 12,5%	E	Atende
Dormitório 01	15,71	3,6	1,96	22,91	1,83	Sim
Dormitório 02	10,65	3,6	1,33	33,80	2,70	Sim
Dormitório 03	13,26	3,6	1,65	27,14	2,17	Sim
Dormitório Empregada	5,94	0,64	0,74	10,77	0,86	Não
Living	39,11	22,32	4,88	57,06	4,56	Sim

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.16.6 Ventilação natural

Segundo a Tabela 180, as áreas mínimas para ventilação foram atendidas em todos os APPs, e no Dormitório 02 identificou-se a maior relação entre a área existente e sugerida.

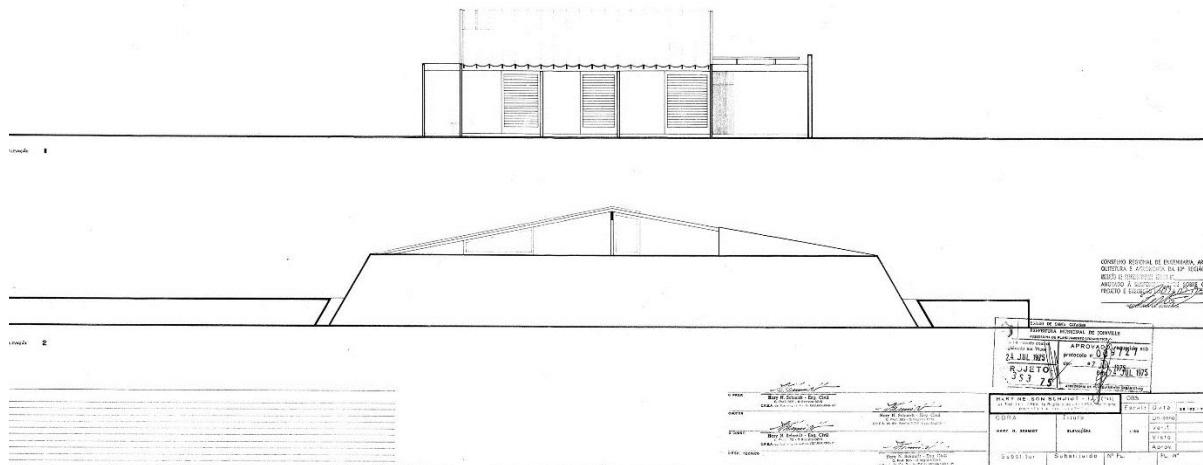
Tabela 180 - Comparação entre áreas de ventilação existentes e mínimas da Residência 4.16

APP	AUamb	Av	Amin	A ≥ 8%	E	Atende
Dormitório 01	15,71	3,6	1,25	22,91	2,86	Sim
Dormitório 02	10,65	3,6	0,85	33,80	4,22	Sim
Dormitório 03	13,26	3,6	1,06	27,14	3,39	Sim
Dormitório Empregada	5,94	0,64	0,47	10,77	1,34	Sim
Living	39,11	17,61	3,12	45,02	5,62	Sim

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.17 RESIDÊNCIA 4.17

Figura 49 - Fachada frontal e lateral do projeto aprovado da Residência 4.17



Fonte: SEMA (2017)

A distribuição dos ambientes, segundo as orientações, apresenta os dormitórios orientados ao leste (Figura 50 – elevação superior), a zona de serviço orientada ao norte e a zona social orientada ao sul e ao oeste. A localização do beiral e da pérgola dupla diante das aberturas do Living/Sala de Jantar (Figura 51) geram sombreamento total na abertura situada na Sala de Jantar e proteção por 82% do período em que haveria a incidência solar no caso da ausência destes recursos. A varanda que protege o APP Living na face oeste gera sombreamento durante 35% do período a que estaria exposta à incidência solar, e na face sul, o beiral protege a segunda abertura durante 81% do período de exposição à incidência solar. Quanto aos dormitórios, pode-se observar na Figura 51, a presença do beiral de 1,0 m na fachada leste, ampliando a proteção desta face ante a exposição à insolação.

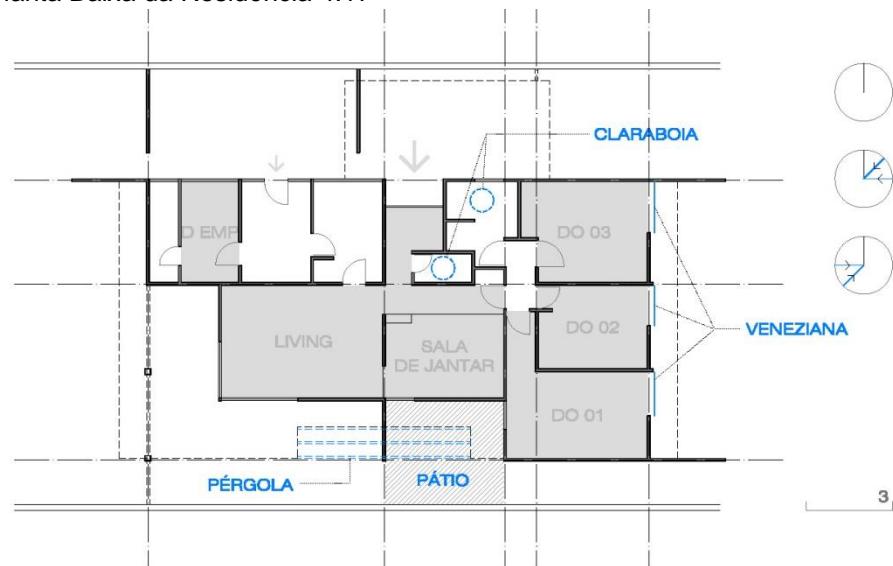
As informações quanto ao registro da obra, quanto às características construtivas e quanto aos ambientes de permanência prolongada podem ser observadas nas Tabelas 181, 182 e 183, respectivamente.

Tabela 181 - Informações cadastrais da Residência 4.17

Localização	R. Porto Belo, 250 - Bucarein
Ano do projeto	1975
Autor	Eng. Harry Nelson Schmidt
Orientação da fachada frontal	Leste

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Figura 50 - Planta Baixa da Residência 4.17



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Tabela 182 - Características construtivas da Residência 4.17

Paredes externas	10 cm
Paredes internas	10 cm
Tipo de alvenaria	Não especificado
Cobertura	Fibrocimento (tipo modulada)
Laje da Cobertura	Inexistente
Pintura externa	Não especificada
Venezianas	Não especificada
Vidros	Não especificados
Claraboia	Não especificada
Forro	Não especificado
Beirais	1,00 a 2,00 m

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Tabela 183 - Programa de necessidades da Residência 4.17

Ambientes	Área (m ²)	APP
Dormitório 01	16,80	X
Dormitório 02	10,97	X
Dormitório 03	14,47	X
Dormitório Empregada	7,00	X
Living/ Sala de Jantar	42,30	X

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.17.1 Análise do projeto original

Os pré-requisitos das envoltórias, nesta residência, foram cumpridos parcialmente, somente pelas paredes, como se observa na Tabela 184. Quanto ao sombreamento desta residência, identificou-se a ausência de qualquer elemento para sombreamento na abertura do Dormitório de Empregada (orientada ao norte),

resultando em *somb* 0. Os dormitórios receberam *somb* 1,0 devido às venezianas de madeira e o Living/Sala de Jantar obteve *somb* 0,47 (Tabela 185).

Este contexto levou às etiquetas *D* nos referidos ambientes e, como em outras residências com dormitórios alinhados, observou-se no dormitório central (Dormitório 02) o logro da etiqueta *A*. Enquanto nos Dormitórios 01 e 03 as envoltórias interferiram na possibilidade de pontuação maior, gerando respectivamente as pontuações localizadas na Tabela 186. A avaliação final consistiu em nota *D* (2,34); o *GHR* médio foi definido em 8858.

Tabela 184 - Pré-requisitos das envoltórias da Residência 4.17

	$\alpha \leq 0,6$ (adimensional)	$U \leq 3,70$ [W/(m ² K)]	$Ct \geq 130$ [kJ/(m ² K)]	Atendimento	Descrição
Parede	0,15	3,67	184,72	Sim	-
	$\alpha > 0,6$ (adimensional)	$U \leq 1,50$ [W/(m ² K)]	Ct Sem exigência	Atendimento	Descrição
Cobertura	0,85	2,02	21	Não	Nº 12

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Tabela 185 - Percentual de sombreamento e orientação das aberturas da Residência 4.17

APP	Período de sombreamento (%)	Orientação	Somb RTQ-R
Dormitório 01	100	L	1
Dormitório 02	100	L	1
Dormitório 03	100	L	1
Dormitório Empregada	0,00	N	0
Living	39,44	S, O	0,47

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Tabela 186 - Etiquetagem dos APPs do projeto original da Residência 4.17

APP	α_{Cob} 0,85	GHR
Dormitório 01	C	8541
Dormitório 02	A	4916
Dormitório 03	B	7328
Dormitório Empregada	D	11615
Living	D	11894
Resultado da envoltória	D	8858

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.17.2 Verificação 01

A redução do α_{Cob} para 0,29 apresentou aprimoramento médio de 44,99%, correspondendo ao *GHR* médio de 5114 (Tabela 187). O APP Dormitório 02 apresentou a melhor efetividade nesta hipótese – 63,34%, já favorecido por estar situado entre os Dormitórios 01 e 03, o que acaba por reduzir sua envoltória

orientada ao leste. O Dormitório de Empregada apresentou a redução mais baixa no *GHR*, de 23,86%. Esta verificação levou a residência à etiqueta *B* e pontuação 4,25.

Tabela 187 - Etiquetagem dos APPs da Verificação 01 da Residência 4.17

APP	α_{Cob} 0,29	GHR	Efetividade (%)
Dormitório 01	A	4926	42,32
Dormitório 02	A	1802	63,34
Dormitório 03	A	3913	46,60
Dormitório Empregada	C	8843	23,86
Living	B	6086	48,83
Resultado da envoltória	B	5114	44,99

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.17.3 Verificação 02

Os resultados gerados pela aplicação de *somb* 1,0 nos APPs Dormitório de Empregada e Living/Sala de Jantar geraram melhorias de 38,08 e 18,62%, respectivamente. Diante do benefício com o clareamento da cobertura (44,99%), o sombreamento se mostrou menos eficiente (28,35%). Os demais resultados são: etiqueta final C (3,0) e *GHR* médio de 7531 (Tabela 188).

Tabela 188 - Etiquetagem dos APPs da Verificação 02 da Residência 4.17

APP	Somb (1,0)	GHR	Efetividade (%)
Dormitório 01	C	8541	0,00
Dormitório 02	A	4916	0,00
Dormitório 03	B	7328	0,00
Dormitório Empregada	B	7191	38,08
Living	C	9679	18,62
Resultado da envoltória	C	7531	28,35

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.17.4 Verificação 03

A aplicação simultânea das Verificações 01 e 02 foram suficientes para a etiquetagem A (4,81) desta residência. Os demais valores obtidos foram: *GHR* médio de 3786 e aprimoramento médio de 56,33% (Tabela 189).

Tabela 189 - Etiquetagem dos APPs da Verificação 03 da Residência 4.17

APP	Conforto térmico	GHR	Efetividade (%)
Dormitório 01	A	4926	42,32
Dormitório 02	A	1802	63,34
Dormitório 03	A	3913	46,60
Dormitório Empregada	A	4419	61,95
Living	A	3871	67,45
Resultado da envoltória	A	3786	56,33

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.17.5 Iluminação natural

De acordo com a Tabela 190, apenas o Dormitório de Empregada não cumpriu o pré-requisito para a Iluminação, chegando a 73% da área recomendada.

Tabela 190 - Comparaçāo entre áreas de iluminação existentes e mínimas da Residência 4.17

APP	AUamb	ATIN	Amin	A ≥ 12,5%	E	Atende
Dormitório 01	16,80	6,66	2,10	39,64	3,17	Sim
Dormitório 02	10,97	3,90	1,37	35,55	2,84	Sim
Dormitório 03	14,47	4,61	1,80	31,85	2,54	Sim
Dormitório Empregada	7,00	0,64	0,87	9,14	0,73	Não
Living	42,30	13,78	5,28	32,57	2,60	Sim

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.17.6 Ventilação natural

Todos os APPs cumpriram o pré-requisito e identificou-se no Dormitório 01 a maiore relação, de aproximadamente 5 vezes, como se obserava na tabela a seguir.

Tabela 191 - Comparaçāo entre áreas de ventilação existentes e mínimas da Residência 4.17

APP	AUamb	Av	Amin	A ≥ 8%	E	Atende
Dormitório 01	16,80	6,66	1,34	39,64	4,95	Sim
Dormitório 02	10,97	3,90	0,87	35,55	4,44	Sim
Dormitório 03	14,47	4,61	1,15	31,85	3,98	Sim
Dormitório Empregada	7,00	0,64	0,56	9,14	1,14	Sim
Living	42,30	7,46	3,38	17,63	2,20	Sim

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.18 RESIDÊNCIA 4.18

Figura 51 - Ambientes de permanência prolongada da Residência 4.18



Fonte: SESTREM, 2015.

Esta obra corresponde a uma das quatro obras projetadas pelo arquiteto Luis N. C. de Oliveira em 1972 (Tabela 192). E demonstra, novamente, a atenção do autor aos perfis do terreno, na implantação da residência. A resposta a esta condição deu-se pela organização da residência em dois pavimentos (Figura 52), apesar da grande extensão do lote. Com isto, no pavimento térreo – nível da rua – são organizados: Churrasqueira, Salão de jogos, Piscina, Sauna, Vestiário, Adega, Depósito e Banheiro de serviço. No pavimento superior distribui-se a parte do programa de necessidades destinada ao cotidiano da família (Tabela 194). Além dos ambientes (poucos frequentes nesta pesquisa) no térreo, ressalta-se a presença da biblioteca – único APP desta pesquisa que apresenta iluminação zenital.

Duas questões devem ser ressaltadas nesta obra: as circulações verticais e as amplas varandas (Figura 53). Quanto às três escadas, suas localizações demonstram de modo claro o entendimento das zonas da residência e do cotidiano da família. A escada situada na zona social liga as salas e biblioteca, do pavimento superior, ao térreo, onde está a adega e também a garagem aberta. A segunda escada situa-se na zona de serviço, acessível pela lavanderia. Entende-se que seu proveito está em permitir a circulação entre os dois pavimentos sem contato com o exterior – algo inevitável nas demais. A terceira escada comunica a varanda dos dormitórios diretamente à área externa de lazer. E, um elevador de área de 1,0 m², faz a quarta conexão entre os dois pavimentos – ainda que, devido as suas dimensões, sugira servir como monta-cargas.

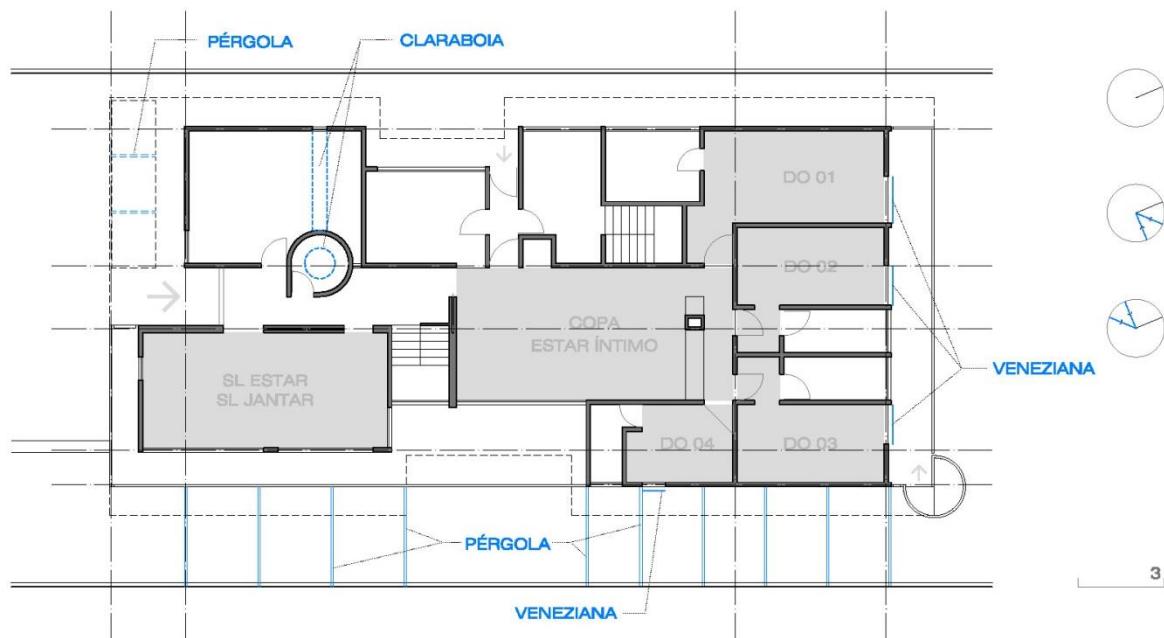
A varanda posterior permite a circulação entre os dormitórios voltados para o norte e, por ser coberta, auxilia no sombreamento destes ambientes; além de ligar-se ao pavimento inferior. A varanda frontal, também coberta, está situada nas salas da zona íntima e se prolonga pela fachada leste até a Sala de Estar Íntimo/Copa. Em termos construtivos, cabe destacar a utilização de três espessuras de paredes, aplicadas interna e externamente (Tabela 193), de 15, 25 e 30 cm.

Tabela 192 - Informações cadastrais da Residência 4.18

Localização	R. Marechal Deodoro, 300 – Glória
Projeto	1980
Autor	Arq. Luis Napoleão Carias de Oliveira
Orientação da fachada frontal	Sul

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Figura 52 - Planta Baixa da Residência 4.18



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Tabela 193 - Características construtivas da Residência 4.18

Paredes externas	15, 25 e 30cm
Paredes internas	15, 25 e 30cm
Tipo de alvenaria	Não especificado
Cobertura	Telha ondulada de fibrocimento – incl 5%
Laje da Cobertura	Não especificada
Pintura externa	Não especificada
Venezianas	Não especificadas
Vidros	Não especificados
Clarabóia	Não especificada
Forro	Inexistente
Beirais	0,50 – 1,00 – 1,60m

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Tabela 194 - Programa de necessidades da Residência 4.18

Ambientes	Área (m ²)	APP
Dormitório 01	22,60	X
Dormitório 02	13,77	X
Dormitório 03	13,77	X
Dormitório 04	9,48	X
Sala de Estar Íntimo	18,53	X
Sala de Estar	18,00	X
Sala de Jantar	16,00	X
Copa	20,70	X

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.18.1 Análise do projeto original

Nesta residência, onde o atendimento aos pré-requisitos se deu apenas nas paredes (Tabela 195), observou-se que a Sala de Estar/Jantar foi o único ambiente a obter etiqueta *D* (a avaliação mais baixa) e os dormitórios – mesmo protegidos por venezianas – obtiveram etiqueta *B* (Tabela 196). Vê-se que a posição do Dormitório 01, com envoltória orientada ao oeste, foi determinante para que este APP não obtivesse a etiqueta atribuída aos demais dormitórios. Como se vê na Tabela 197, a pontuação da Envoltória para o verão foi *C*, seu (2,59) e o *GHR* médio encontrado foi 9300.

Tabela 195 - Pré-requisitos das envoltórias da Residência 4.18

	$\alpha \leq 0,6$ (adimensional)	$U \leq 3,70$ [W/(m ² K)]	$Ct \geq 130$ [kJ/(m ² K)]	Atendimento	Descrição
	$\alpha > 0,6$ (adimensional)	$U \leq 1,50$ [W/(m ² K)]	Ct [kJ/(m ² K)]		
Cobertura	0,85	2,06	Sem exigência	Não	Nº 9

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Tabela 196 - Percentual de sombreamento e orientação das aberturas da Residência 4.18

APP	Período de sombreamento (%)	Orientação	Somb RTQ-R
Dormitório 01	100	NE	1
Dormitório 02	100	NE	1
Dormitório 03	100	NE	1
Dormitório 04	100	SE	1
Sala de Estar Íntimo/Copa	54,48	SO	0,33
Sala de Estar/Jantar	49,10	NO, SO, SE	0,40

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

Tabela 197 - Etiquetagem dos APPs do projeto original da Residência 4.18

APP	α_{Cob} 0,85	GHR
Dormitório 01	C	9409
Dormitório 02	B	7246
Dormitório 03	B	8295
Dormitório 04	B	6146
Sala de Estar Íntimo/Copa	C	10904
Sala de Estar/Jantar	D	13801
Resultado da envoltória	C	9300

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.18.2 Verificação 01

O clareamento da cobertura conduziu os Dormitórios 02 (norte), 03 (norte) e 04 (este) à etiqueta A, enquanto o Dormitório 01 (norte-oeste) obteve a etiqueta B – inicialmente C. A alteração na cobertura alterou a nota final para B e elevou sua pontuação para 4,35. Em termos percentuais, o aprimoramento no desempenho térmico resultou em 46,39% (Tabela 198).

Tabela 198 - Etiquetagem dos APPs da Verificação 01 da Residência 4.18

APP	α_{Cob} 0,29	GHR	Efetividade (%)
Dormitório 01	B	5257	44,12
Dormitório 02	A	3662	49,46
Dormitório 03	A	4711	43,20
Dormitório 04	A	3146	48,81
Sala de Estar Íntimo/Copa	A	4860	55,42
Sala de Estar/Jantar	C	8648	37,33
Resultado da envoltória	B	5047	46,39

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.18.3 Verificação 02

A inserção de somb 1,0 foi necessárias apenas nos APPs de uso comum, resultando na redução do GHR de 28,21%. Entretanto, a pontuação final para a Envoltória para o verão se manteve com etiqueta C e seu EqNum alcançou 2,82. A média geral encontrada para o GHR foi 8156 (tabela 199).

Tabela 199 - Etiquetagem dos APPs da Verificação 02 da Residência 4.18

APP	Somb (1,0)	GHR	Efetividade (%)
Dormitório 01	C	9409	00,00
Dormitório 02	B	7246	00,00
Dormitório 03	B	8295	00,00
Dormitório 04	B	6146	00,00
Sala de Estar Íntimo/Copa	B	7411	32,03
Sala de Estar/Jantar	C	10433	24,40
Resultado da envoltória	C	8156	28,21%

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.18.4 Verificação 03

A aplicação simultânea das Verificações 01 e 02 levaram esta residência a obter a etiqueta final A (4,65), ainda que entre os APPs dois deles tenham obtido etiquetas B. O APP mais favorecido foi a Sala de Estar Íntimo, com 87,45% e em seguida, a Sala de Estar/Jantar com 61,73% - ambos com suas aberturas orientadas ao leste. A Tabela a seguir apresenta os resultados gerados nesta verificação: GHR médio de 3904 e aprimoramento médio de 55,79% sobre o projeto original.

Tabela 200 - Etiquetagem dos APPs da Verificação 03 da Residência 4.18

APP	Conforto térmico	GHR	Efetividade (%)
Dormitório 01	B	5205	44,12
Dormitório 02	A	3662	49,46
Dormitório 03	A	4711	43,20
Dormitório 04	A	3146	48,81
Sala de Estar Íntimo/Copa	A	1368	87,45
Sala de Estar/Jantar	B	5281	61,73
Resultado da envoltória	A	3904	55,79%

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.18.5 Iluminação natural

Segundo a Tabela 201, as áreas mínimas recomendadas para iluminação foram atendidas em todos os ambientes, e a Sala de Estar/Jantar apresentou maior relação entre área existente e a área solicitada – 4,48 vezes.

Tabela 201 - Comparação entre áreas de iluminação existentes e mínimas da Residência 4.18

APP	AUamb	ATIN	Amin	A ≥ 12,5%	E	Atende
Dormitório 01	22,60	4,21	2,82	18,62	1,49	Sim
Dormitório 02	16,12	3,56	2,01	22,08	1,76	Sim
Dormitório 03	16,12	3,56	2,01	22,08	1,76	Sim
Dormitório 04	9,47	1,66	1,18	17,52	1,40	Sim
Sala Estar Int/Copa	44,16	8,19	5,52	18,54	1,48	Sim
Sala de Estar/Jantar	34,00	19,07	4,25	56,08	4,48	Sim

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

4.18.6 Ventilação natural

Todos os ambientes cumpriram o pré-requisito para ventilação natural, sendo a Sala de Estar/Jantar o APP a apresentar a maior relação, de 3,79 vezes sobre a recomendação (Tabela 202).

Tabela 202 - Comparação entre áreas de ventilação existentes e mínimas da Residência 4.18

APP	AUamb	Av	Amin	A ≥ 8%	E	Atende
Dormitório 01	22,60	4,21	1,80	18,62	2,32	Sim
Dormitório 02	16,12	3,56	1,28	22,08	2,76	Sim
Dormitório 03	16,12	3,56	1,28	22,08	2,76	Sim
Dormitório 04	9,47	1,34	0,75	14,14	1,76	Sim
Sala Estar Int/Copa	44,16	3,78	3,53	8,55	1,06	Sim
Sala de Estar/Jantar	34,00	10,32	2,72	30,35	3,79	Sim

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

5 RESULTADOS

5.1 LEVANTAMENTO DE DADOS

Foram avaliadas 18 residências cujo contexto de seleção esteve submetido à localização dos projetos nos acervos públicos, disponibilidade de visitação às obras (residências 4.9 e 4.12) e redesenho dos projetos arquitetônicos – com informações ausentes em quantidades e níveis diversos. Alguns dos Ambientes de Permanência Prolongada foram desconsiderados nas análises por apresentarem as seguintes situações: conjugação com cozinhas ou conjugação com churrasqueiras.

Isto é, na Residência 4.7 a copa foi desconsiderada por estar situada dentro da cozinha e nas Residências 4.13 e 4.18, as Salas de Jogos foram desconsideradas por estarem vinculadas à Churrasqueira. A Biblioteca na Residência 4.18 foi igualmente desconsiderada por ser o único APP no conjunto das 18 residências a apresentar claraboia; evitando-se, deste modo, alterações significativas nos resultados, ocasionadas por um elemento único.

Convém destacar que durante a realização do levantamento dos dados e das posteriores análises de campo, duas residências foram demolidas (4.6 e 4.16) e outras residências sofreram alterações incisivas ou demolições parciais: 4.4, 4.5, 4.7, 4.10, 4.11, 4.12, 4.13 e 4.14). E, no conjunto de residências anterior à seleção, verificou-se a demolição de outras duas residências.

5.2 PROJETO ORIGINAL DAS UH

A Tabela 203 apresenta a pontuação atribuída a cada UH, a média *GHR*, a quantidade total de recursos construtivos e a quantidade de recursos ativos por residência. Entende-se como recursos ativos, apenas as estratégias passivas, para conforto térmico, vinculadas a Ambientes de Permanência Prolongada (objeto do RTQ-R). Verificou-se nesta etapa inicial, a atribuição de apenas uma etiqueta *B* e a ausência de pontuações extremas (Etiquetas *A* ou *E*) para o conjunto avaliado.

A residência (4.2) responsável pela maior pontuação (3.58) caracteriza-se, construtivamente, pela cobertura de alumínio e pelos beirais pouco profundos, de 80 cm. E, quanto às estratégias atuantes para o conforto térmico, são adotadas as venezianas nos dormitórios e o pátio situado na face norte da Sala de Jantar.

Tabela 203 - Etiquetagem do projeto original das UHs

Residência	Projeto Original	GHR (média)	Recursos ativos	Total de recursos
4.1	C 2,86	11436	3	4
4.2	B 3,58	7584	2	4
4.3	D 2,30	9068	2	4
4.4	C 2,50	9324	2	3
4.5	C 3,15	4988	1	2
4.6	C 2,83	8497	1	4
4.7	C 3,0	5519	1	2
4.8	D 2,01	9801	2	3
4.9	D 2,04	9368	1	4
4.10	D 2,07	12153	2	2
4.11	C 2,76	10955	1	2
4.12	D 1,67	13457	2	2
4.13	D 2,43	7510	2	3
4.14	C 3,01	7683	1	1
4.15	C 2,77	8789	1	1
4.16	D 1,87	10167	2	4
4.17	D 2,34	8858	3	4
4.18	C 2,72	9300	1	4

Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

Os resultados obtidos sobre o Projeto Original do conjunto apontam à ausência de associação entre a quantidade de recursos construtivos para o conforto térmico e a etiqueta obtida por cada UH. Como se demonstram a seguir (Tabela 204), as residências avaliadas com *D* apresentam média superior de recursos construtivos às residências avaliadas com etiqueta *C* – tanto na quantidade total quanto na quantidade dos recursos atuantes sobre APPs.

Onde:

M. Ativos = média de recursos construtivos que agem sobre algum APP;

M. Total = média do total de recursos construtivos encontrados por etiqueta.

Tabela 204 - Etiquetas por UH por quantidade de recursos construtivos

Etiqueta	Quantidade de residências	M. Ativos	M. Total
B	01	2	4
C	09	1,33	2,55
D	08	2	3,25

Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

A Figura 54 apresenta a distribuição das residências em relação à pontuação e à quantidade total de elementos encontrados. Vê-se uma concentração maior de residências com quatro elementos: 3 residências com etiqueta *C* e 4 residências

com etiqueta *D*. A segunda maior concentração apresenta 5 residências com 2 elementos construtivos.

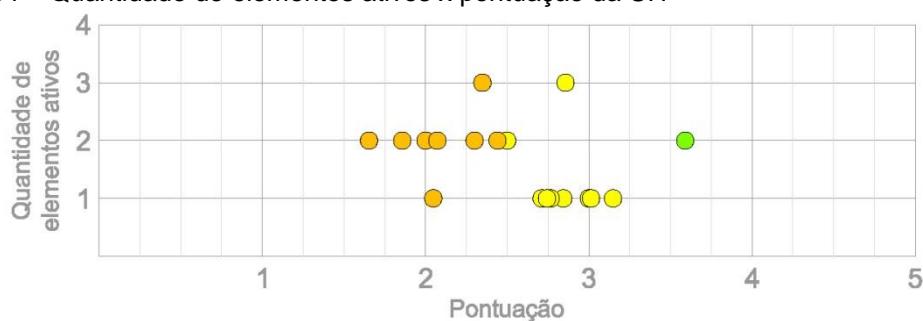
Figura 53 – Quantidade total de elementos x pontuação da UH



Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

A Figura 55 apresenta a relação entre pontuação e quantidade de elementos que atuam diretamente nos APPs (elementos ativos). A retirada dos recursos inativos reduziu o total de elementos de 53 para 32, gerando um decréscimo de 40%. Com isso, novas concentrações foram identificadas na distribuição das residências. A maior delas apresenta 2 recursos por residência (8 residências no total), enquanto a segunda maior concentração apresenta 1 recurso por residência (8 residências no total). As pontuações médias por quantidade de recursos apresentaram os seguintes valores: 3 elementos (2,60); 2 elementos (2,30); 1 elemento (2,78). A pontuação média geral correspondeu a 2,55.

Figura 54 – Quantidade de elementos ativos x pontuação da UH



Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

5.3 VERIFICAÇÕES

A seguir são apresentados os dados resultantes das hipóteses que buscaram reconhecer a relevância da cobertura e do sombreamento no desempenho térmico das residências levantadas; assim como, os resultados da hipótese final que se

destina a aprimorar o desempenho térmico destas residências sem recorrer a alterações incisivas (Verificação 03). A pontuação correspondente ao projeto original das obras é mantida nas tabelas das verificações com o intuito favorecer a comparação entre ambos.

5.3.1 Verificação 01

Nesta verificação, a etiqueta *B* foi cedida a 10 UH (além da Res. 4.2), sendo a pontuação mais alta atribuída à Residência 4.18 (4,43 – GHR 5047), caracterizada pela presença de quatro elementos de estratégias passivas, dos quais apenas a veneziana pode ser considerada na aplicação do RTQ-R. Sua cobertura é de fibrocimento e sua área corresponde a quinta maior levantada no conjunto (276,21 m²). Contudo, apesar da Residência 4.18 ter apresentado a melhor pontuação, proporcionalmente, o maior incremento quanto ao *GHR* foi identificado na Residência 4.5 (82,36%). Quanto à Residência 4.2 (cobertura de alumínio), a qual apresentou a melhor avaliação no Projeto Original, constatou-se que esta foi superada por outras duas UH em termos de desempenho térmico - as Residências 4.1 e 4.5 (ambas com cobertura de fibrocimento).

Buscou-se, também, identificar associação entre a área da cobertura e as pontuações obtidas no Projeto Original e com o clareamento da cobertura. Para isso, foi comparada a pontuação média obtida pelas quatro maiores e quatro menores residências (segundo suas áreas de cobertura). Beirais, varandas e garagens não foram contabilizados na área total da cobertura. No Projeto Original, a pontuação média das quatro maiores coberturas (Residências 4.8, 4.7, 4.12, 4.18) foi 2,35, enquanto a pontuação média das quatro menores residências (Residências 4.17, 4.16, 4.5 e 4.14) foi de 2,59. Com o clareamento da cobertura, a pontuação média nas quatro maiores coberturas correspondeu a 3,39, enquanto a pontuação do conjunto de menores coberturas correspondeu a 3,87. Deste modo, o aprimoramento do desempenho térmico entre as maiores e menores coberturas apresentou valores aproximados: 44,25% para as maiores coberturas e 49,42 para as menores coberturas. Indicando associação pouco evidente entre a pontuação e a área de exposição da cobertura à incidência solar. Ao final, o desempenho térmico das UH, com o clareamento da cobertura, foi 39,09% superior ao desempenho

correspondente ao Projeto Original do conjunto total. Estas informações são apresentadas na tabela a seguir.

Onde:

Área Cob = área da cobertura, sem considerar beirais, garagens e varandas;

Tipo Cob = tipo da cobertura;

Verificação 01 = etiqueta a pontuação da UH;

P.O. = etiqueta e pontuação do projeto original da UH.

Tabela 205 - Etiquetagem das UHs na Verificação 01

Residência	Área Cob	Tipo Cob	Verificação 01	GHR (média)	P.O.
4.1	185,10	Fibrocimento	B 4,43	7159	C 2,86
4.2	288,81	Alumínio	B 4,29	6113	B 3,58
4.3	216,90	Fibrocimento	B 4,02	5087	D 2,30
4.4	247,41	Fibrocimento	C 3,35	5665	C 2,50
4.5	149,60	Fibrocimento	B 4,3	2061	C 3,15
4.6	253,55	Fibrocimento	B 3,76	5614	C 2,83
4.7	306,22	Fibrocimento	B 3,97	4703	C 3,0
4.8	321,57	Fibrocimento	C 3,25	5488	D 2,01
4.9	261,77	Fibrocimento	B 3,98	5018	D 2,04
4.10	189,42	Fibrocimento	C 3,0	8449	D 2,07
4.11	191,73	Cerâmica	C 3,41	9206	C 2,76
4.12	296,51	Fibrocimento	D 1,91	9464	D 1,67
4.13	255,15	Fibrocimento	B 3,72	3107	D 2,43
4.14	171,55	Fibrocimento	B 3,82	6467	C 3,01
4.15	217,42	Alumínio	C 3,1	7175	C 2,77
4.16	149,68	Fibrocimento	C 3,13	6540	D 1,87
4.17	133,56	Fibrocimento	B 4,25	5114	D 2,34
4.18	276,21	Fibrocimento	B 4,43	5047	C 2,72

Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

5.3.2 Verificação 02

Nesta hipótese foram aplicadas proteções externas à incidência solar nas aberturas desprotegidas. E, como observado no desenvolvimento da pesquisa, no conjunto somente três não apresentam venezianas em suas aberturas (as Residências 4.1, 4.7 e 4.13).

Com a inserção de *somb* 1,0 nas planilhas RTQ-R, observou-se que apenas duas UH obtiveram etiqueta *B* (além da Res. 4.2) e das oito residências etiquetadas com *D*, cinco foram elevadas à etiqueta *C* (Tabela 206). O aprimoramento no desempenho térmico do conjunto foi de 37,95%, resultado próximo à Verificação 01 (39,09%). Contudo, deve-se atentar à interferência da Residência 4.7 sobre o

percentual relatado. O aprimoramento registrado nesta UH com a aplicação de proteção solar total (de 169,66%) mostrou-se muito superior ao obtido pela residência com o segundo melhor desempenho térmico (43,19% - Residência 4.15).

Portanto, ao se retirar a Residência 4.7 da avaliação desempenho térmico, o resultado mostrou eficiência superior de 30,20% sobre o Projeto Original, evidenciando que o melhor proveito seria obtido com o clareamento da cobertura ante a proteção com elementos externos.

Tabela 206 - Etiquetagem das UHs na Verificação 02

Residência	Verificação 02	Pontuação	GHR (média)	Projeto Original
4.1	C	3,0	8402	C 2,86
4.2	B	4,32	5836	B 3,58
4.3	C	3,0	6547	D 2,30
4.4	C	2,75	7083	C 2,50
4.5	C	3,15	4295	C 3,15
4.6	C	3,23	6659	C 2,83
4.7	C	3,0	2582	C 3,0
4.8	C	2,69	7338	D 2,01
4.9	C	2,52	8074	D 2,04
4.10	D	2,07	11813	D 2,07
4.11	C	3,0	8906	C 2,76
4.12	D	1,77	12093	D 1,67
4.13	C	2,52	6101	D 2,43
4.14	B	4,34	5396	C 3,01
4.15	B	4,09	5840	C 2,77
4.16	D	2,43	8151	D 1,87
4.17	C	3,0	7531	D 2,34
4.18	C	3,0	8156	C 2,72

Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

5.3.3 Verificação 03

Como já exposto anteriormente, a Verificação 03 teve como premissa interferências não incisivas nos aspectos construtivos das UH analisadas. Assim, a criação de novas aberturas nos ambientes, a alteração dos materiais das envoltórias (cobertura e paredes) e a retirada de aberturas, apesar de consideradas em algumas análises, não foram mantidas para a pontuação final. Com isso, constatou-se que no conjunto, 11 residências receberam etiqueta A, com pontuação média 4,72 e sete residências receberam etiqueta B, com pontuação média 4,14. Observou-se, também, que a aplicação conjunta das Verificações 01 e 02 permitiu obter grande

parte dos resultados identificados na Tabela 207. Contudo, em três UH foram necessárias alterações extras para a obtenção da etiqueta A.

Na Residência 4.3, a abertura do Dormitório de Empregada foi alterada com o intuito da liberação total do vão para a ventilação natural. Para isto, o Fator de ventilação (F_{event}) foi ajustado para 1,0. Na Residência 4.6, o α_{cob} do pavimento térreo necessitou ser reduzido a 0,15, indicando a necessidade de uma cor ainda mais clara a ser aplicada neste pavimento. Na Residência 4.11, o α_{par} foi reduzido para 0,15, o que significaria a aplicação de tinta clara sobre o tijolo aparente que define todas as paredes desta residência.

Tabela 207 - Etiquetagem das UHs na Verificação 03

Residência	Verificação 03	Pontuação	GHR (média)	Projeto Original
4.1	A	5	4130	C 2,86
4.2	A	4,64	4766	B 3,58
4.3	A	4,5	2449	D 2,30
4.4	B	3,96	3423	C 2,50
4.5	B	4,36	1895	C 3,15
4.6	A	4,73	3325	C 2,83
4.7	B	4,29	1766	C 3,0
4.8	A	4,56	2796	D 2,01
4.9	B	4,04	3724	D 2,04
4.10	B	4,23	3438	D 2,07
4.11	A	4,58	3759	C 2,76
4.12	B	3,77	4810	D 1,67
4.13	B	4,39	-2643	D 2,43
4.14	A	4,8	4183	C 3,01
4.15	A	4,75	4226	C 2,77
4.16	A	4,83	3358	D 1,87
4.17	A	4,81	3786	D 2,34
4.18	A	4,72	3904	C 2,72

Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

5.3.4 Considerações sobre as verificações

No conjunto total da amostragem, observou-se que as Verificações 01 e 02 apresentaram percentual médio similar para o aprimoramento do conforto térmico (Tabela 208). Enquanto o clareamento da cobertura (Verificação 01) apresentou média de 39,09% de eficiência, o sombreamento total das aberturas desprotegidas levou à eficiência de 37,95% sobre a condição de conforto identificada no projeto original da amostragem. Entretanto, ao se retirar a Residência 4.7 (devido aos seus

resultados discrepantes) das médias finais, verificou-se maior efetividade no desempenho térmico por meio do clareamento das coberturas (39,39%) ante o valor de 30,20%, gerado pela proteção solar das aberturas. Na verificação 03, a média geral de incremento no desempenho térmico foi de 61,88%.

Também se observou como as pontuações levantadas no Projeto Original e nas posteriores verificações indicaram quatro residências distintas quanto ao desempenho térmico. O melhor desempenho identificado nos projetos originais competiu à Residência 4.2 (*B* 3,58 e *GHR* 7584). Na Verificação 01, a Residência 4.18 apresentou o melhor desempenho, com pontuação *B* 4,43 e *GHR* médio de 5047. Na Verificação 02, o melhor desempenho correspondeu à Residência 4.14, com pontuação *B* 4,34 e *GHR* médio de 5396. Na Verificação 03, a Residência 4.1 foi a única a obter a pontuação máxima (5,0) e seu *GHR* médio correspondeu a 4130.

Tabela 208 - Médias percentuais de aprimoramento das verificações

Residência	Verificação 01	Verificação 02	Verificação 03
4.1	38,50	32,03	64,09
4.2	22,03	34,73	34,28
4.3	46,75	38,31	69,78
4.4	44,16	33,49	63,30
4.5	82,36	35,81	73,49
4.6	37,46	33,73	56,13
4.7	34,04	169,66	178,17
4.8	52,38	37,87	72,36
4.9	50,78	22,05	60,23
4.10	30,36	18,73	71,80
4.11	23,99	33,08	65,79
4.12	29,64	16,46	65,04
4.13	35,11	11,81	74,16
4.14	24,49	39,53	43,01
4.15	25,40	43,19	50,08
4.16	43,91	29,88	69,98
4.17	44,99	28,35	56,33
4.18	37,33	24,04	61,73
Média	39,09	37,95	68,32

Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

5.4 ILUMINAÇÃO NATURAL E VENTILAÇÃO NATURAL

Os resultados obtidos com a análise das áreas de ventilação e iluminação naturais não apresentaram associação entre pontuação atribuída a cada UH e as áreas muito mais amplas que a mínima recomendada pelo RTQ-R (PROCEL et. al, 2012b). Contudo, Mendes e Hackenberg (2017) em um estudo específico sobre a residência 4.8 observaram que a redução das aberturas – orientadas ao oeste - para as áreas mínimas definidas pelo RTQ-R (Biblioteca) ou mesmo sua exclusão (Sala de Estar/Jantar), somadas à criação de pequenas aberturas em outras orientações, resultaram favoráveis ao desempenho térmico destes ambientes. Entretanto, estas conjecturas não lograriam a etiqueta A sem assumir outras intervenções como as consideradas no presente estudo.

Quanto à iluminação natural da pesquisa atual, constatou-se o excedente mais elevado (4.12) na Residência 4.13 (etiqueta D - 2,43), enquanto o menor índice (1,50) correspondeu à Residência 4.9 (etiqueta D - 2,04). Sobre a ventilação natural, a Residência 4.3 (etiqueta D - 2,3) apresentou a média mais alta (de seus APPs) na relação entre área mínima e área existente, com o índice de 5,54 vezes. O menor índice foi encontrado na Residência 4.4 (etiqueta C – 2,5), com o índice de 1,58 vezes sobre a recomendação de área mínima. E, tomando-se os índices médios das UH, observou-se que a Residência 4.2 (única UH a apresentar etiqueta B no Projeto Original) apresentou o 10º melhor índice quanto à Iluminação Natural; e o 12º melhor índice quanto à Ventilação Natural.

Os resultados apresentados nesta busca por correspondências entre as aberturas e o conforto térmico trataram exclusivamente dos APPs abarcados pelo RTQ-R, com isso, determinados recursos passivos não foram avaliados por não estarem nos APPs. Entre estes estão: a claraboia, presente em 11 residências⁶⁴, o cobogó (Residências 4.2, 4.6 e 4.9), e pátios.

⁶⁴ Residências 4.1, 4.2, 4.3, 4.5, 4.6, 4.7, 4.8, 4.11, 4.16, 4.17, 4.18.

6 CONCLUSÃO

Esta pesquisa destinou-se a avaliar o desempenho térmico de um conjunto de residências – do Movimento Moderno - na cidade de Joinville segundo o método prescritivo do Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais – RTQ-R, desenvolvido pelo Selo PROCEL Edifica. A determinação do período correspondente ao Movimento Moderno deu-se pela relevância com que foram teorizadas e praticadas as estratégias passivas para o conforto térmico nas edificações e, também pelo surgimento de outras como o cobogó e o *brise-soleil*.

Por meio da revisão de literatura pode-se observar os contextos nos quais surgem os primeiros debates sobre a sustentabilidade e os posteriores desdobramentos no panorama mundial. Também foram identificados os mecanismos adotados por determinados países frente ao desequilíbrio ambiental e, no contexto nacional, como esta situação levou à criação de certificações com o intuito de estimular posturas com menores impactos no meio ambiente; sobretudo pela redução do consumo de energia nas edificações.

A parte intermediária se dedicou ao Movimento Moderno na arquitetura. Foram revistos os preceitos teóricos de sua origem e, posteriormente, a Arquitetura Moderna nos panoramas internacional e nacional. Quanto à gênese do Modernismo na arquitetura, observou-se como a arte abstrata do início do século XX, defendida pelos movimentos de vanguarda: Neoplasticismo (Holanda), o Purismo (França) e o Suprematismo (Rússia) -, foi responsável pelas novas distribuições espaciais e aspectos formais na produção arquitetônica subsequente.

No contexto internacional pode-se entender como a supervalorização dos avanços tecnológicos foi determinante para a produção de edifícios excessivamente dependentes da refrigeração mecânica. E como a constatação do baixo desempenho térmico das edificações estimulou a retomada de estratégias passivas, além da criação de recursos de estratégia passiva como o *brise-soleil*.

A pesquisa realizada no âmbito nacional da Arquitetura Moderna apresentou os primeiros debates sobre o conforto térmico – inicialmente dedicado à salubridade e posteriormente às incidências solares no interior das edificações. Com a inclusão do desconforto térmico (devido ao clima tropical) na atenção dos arquitetos, pode-se notar a transformação dos ideais internacionais para o contexto geográfico e

climático nacional. Foi, assim, que pela primeira vez, aplicou-se aqui o recurso de quebra-sol (*brise-soleil*) e criou-se o elemento vazado (cobogó) – recurso utilizado para sombreamento e ventilação.

A parte final da revisão de literatura se deteve sobre os procedimentos do RTQ-R relacionados ao desenvolvimento da pesquisa, e posteriormente, sobre as críticas desenvolvidas quanto às normas técnicas – NBR 15220 e NBR 15575 que dão suporte ao RTQ-R e, também, ao próprio regulamento. Entre as críticas observadas destacam-se os questionamentos quanto à definição e divisão das Zonas Bioclimáticas, quanto aos critérios adotados para a tolerância dos índices de propriedade térmica das envoltórias e às diretrizes construtivas sugeridas para determinadas Zonas Bioclimáticas. Foram observadas, também, limitações no método prescritivo quanto à análise da ventilação cruzada e à ausência de relação entre as proteções solares e a orientação das aberturas.

Estabelecida a base teórica, partiu-se para a seleção de obras que constituiria o conjunto a ser analisado e o levantamento das informações construtivas necessárias para futura aplicação do RTQ-R.

Além dos objetivos estabelecidos pela pesquisa, outras informações foram obtidas durante o desenvolvimento ou levantamento dos dados da amostragem, principalmente sobre as limitações identificadas no RTQ-R para abordar todas as questões relacionadas ao desempenho térmico da edificação.

A primeira informação oportuna está relacionada à quantidade de elementos de estratégias passivas que não foram considerados na aplicação do RTQ-R por não estarem vinculados aos ambientes que o regulamento utiliza para avaliar o desempenho térmico total da residência. Deste modo, apenas 60% dos elementos construtivos encontrados foram avaliados. Como exemplo de exclusão, pode-se citar a ventilação e iluminação naturais por meio de claraboias, aplicadas em ambientes como lavabos e circulações – sem paredes voltadas ao exterior.

Durante a análise do sombreamento foram identificadas limitações tanto no RTQ-R quanto no software Brise.BR. No primeiro, observou-se que a ponderação única de sombreamento para todas as aberturas, independentes de sua orientação geográfica, acaba por desconsiderar as discrepâncias entre incidências solares em aberturas no sul e no oeste, por exemplo. Quanto ao software Brise.BR, observou-se que o sombreamento gerado pela própria construção não pode ser verificado por não estar vinculado à parede na qual a abertura estava inserida. Isto é, proteções

paralelas às aberturas, mesmo que atuantes não puderam ser consideradas no levantamento do período de sombreamento. Os beirais sinuosos e com distintas profundidades salientaram outra limitação do software, o que levou à simplificação destas formas para que pudessem ser inseridas no programa.

Quanto à análise do Projeto Original, constatou-se que a pontuação média das residências de 2,55 correspondeu a pouco mais de 50% do desempenho máximo possível. Com as posteriores verificações, foi identificado maior protagonismo por parte da cobertura no baixo desempenho térmico na média das residências- quando comparada às aberturas não sombreadas.

O uso recorrente das coberturas de fibrocimento naquele período pode ser atribuído a questões além da financeira, como à estética do Movimento Moderno que pregava a utilização de coberturas com reduzida inclinação, aparentes ou embutidas em platibandas; além do caráter industrial e da utilização dos materiais tais como eram – brutos, sem alterações ou revestimentos. Portanto, o simples procedimento de pintura da cobertura com a cor branca, resultaria em maior benefício para o conforto térmico destas edificações, ante o sombreamento de todas as aberturas desprotegidas.

Quanto às aberturas, a extração das áreas mínimas recomendadas, sobretudo para ventilação, não se mostraram eficazes para compensar o calor transferido pela cobertura e pelas paredes que apresentavam cores escuras ou tijolos cerâmicos aparentes. Contudo, deve-se ressaltar que a acurácia do RTQ-R para a ventilação cruzada já foi questionada em outros estudos. Neste caso, a análise pelo método de simulação traria resultados mais concretos.

Observou-se que as estratégias passivas recorrentes nas residências analisadas destinaram-se ao sombreamento de aberturas nas zonas íntimas e à adoção de amplas aberturas (ventilação natural) nas zonas sociais. Ademais, pode-se concluir, por meio das médias obtidas, que a aplicação conjunta de sombreamento nas aberturas e pintura da cobertura – duas práticas simples e recorrentes na construção civil -, seriam suficientes para elevar o desempenho térmico de parte relevante do conjunto à etiquetagem máxima. E, ante a aplicação isolada de um deles, conviria a intervenção na cobertura para o aprimoramento do conforto térmico da UH.

Finalmente, por meio da aplicação do RTQ-R pode-se avaliar o desempenho térmico da *Residência Moderna*, em Joinville, em um nível médio – 2,55. Contudo,

devido às limitações e especificidades identificadas nesta pesquisa seria prematuro tomar este resultado como definitivo sem considerar, efetivamente, a ventilação cruzada e avaliação deste conjunto pelo método de simulação ou um método alternativo que permitisse considerar todas as estratégias passivas identificadas nesta pesquisa.

9.1 LIMITAÇÕES DA PESQUISA

As limitações encontradas estão divididas segundo as etapas apresentadas na Metodologia.

Coleta de projetos:

- discrepância no cadastro entre os proprietários das residências registrados no espelho cadastral da prefeitura e no registro dos projetos da SEMA;
- projetos estocados fora das caixas identificadas no cadastro;
- restrições para retirada dos projetos do cadastro (na etapa final da pesquisa).

Redesenho dos projetos:

- ausência de cotas nas lajes para a identificação de suas espessuras;
- muitos elementos contidos no projeto não estão cotados;
- em alguns dos projetos encontrados não constam todas as seções indicadas na planta baixa, assim como os detalhes executivos;
- encontrou-se quantidade expressiva de projetos com divergência entre a cota e a distância tomada no projeto impresso – sobretudo no pé-direito das obras;

Levantamento dos ambientes de permanência prolongada e pré-requisitos:

- as informações contidas no memorial descritivo não foram suficientes para aportar todas as informações necessárias (tipo de tinta, tipo de tijolo, tipo de telha, espessura da telha, tipo e espessura dos vidros);

Análise de sombreamento:

- a inexistência da latitude correspondente à cidade de Joinville na planilha Brise.BR, levou a adoção da latitude da cidade mais próxima – Curitiba; entretanto

as recomendações para sombreamento presentes na NBR 15220 (ABNT, 2005) não foram utilizadas para comparação por esta cidade estar situada em outra Zona Bioclimática;

- não foi possível considerar proteções/bloqueios que não estivessem adossados às aberturas (exemplo: aberturas em pátios);
- não foi possível calcular o sombreamento por pérgolas pela planilha Brise.BR;
- em algumas residências foram adotadas simplificações nas dimensões dos beirais devido à forma que apresentaram (sobretudo em “L”).

9.2 SUGESTÕES PARA FUTURAS PESQUISAS

Para a continuidade ou ampliação da pesquisa sobre estratégias passivas para conforto térmico, sugere-se:

- análise específica dos elementos para sombreamento pelo método de simulação sobre esta amostragem;
- análise da ventilação cruzada sobre esta amostragem;
- análise das pontuações dos ambientes de permanência prolongada ajustando a área das aberturas para a recomendação definida pelo RTQ-R
- retomada desta pesquisa com maior amostragem.

REFERÊNCIAS

ARGAN, G. C. **Arte moderna**. 2 ed. São Paulo: Companhia das Letras, 1992.

ARGAN, G. C. **Projeto e destino**. São Paulo: Editora Ática, 2001.

ARÍS, C. M. Presencia del patio en la arquitectura moderna: del arquetipo a las versiones heterodoxas. **La habitación y la ciudad modernas**: ruptura y continuidades, 1925-1965. Primer Seminario DOCOMOMO Ibérico, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15575**: Desempenho de Edifícios de até Cinco Pavimentos: Parte 1: Requisitos Gerais. Rio de Janeiro, 2013.

_____. **Projeto 02:135.07-001/3**: Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. ABNT: Rio de Janeiro, 2004b.

ATEM, C. G.; BASSO, A. Apropriação e eficiencia dos *brise-soleil*: o caso de Londrina (PR). **Ambiente Construído**. v. 5, n. 4, p.29-45, out./dez. 2005.

BARBETTA, P. A.; REIS, M. M.; BORNIA, A. C. **Estatística: para cursos de engenharia e informática**. 3 ed. São Paulo: Atlas, 2010.

BENEVOLO, L. **História da arquitetura moderna**. 3 ed. São Paulo: Editora Perspectiva, 1998.

BOGO, A. J. Limitações quanto aos parâmetros de desempenho térmico e estratégias bioclimáticas recomendadas pela norma brasileira de desempenho térmico de habitações de interesse social. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL, 2008, São Paulo, NUTAU 2008. **Espaço sustentável**: inovações em edifícios e cidades. Disponível em:< <https://www.usp.br/nutau/CD/30.pdf>>. Acesso em: 16 jan. 2018.

BOGO, A. J. Reflexões críticas quanto as limitações do texto das normas brasileiras de desempenho NBR 15.220-3 e NBR 15.575. **Holos**. v. 7, p. 290-298, 2016.

BRASIL. **Decreto n. 4.059, de 19 de dezembro de 2001**. Regulamenta a Lei n. 10.295, de outubro de 2001, que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia. Brasília, DF, 2001. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2001/d4059.htm>. Acesso em: 24 jan. 2018b.

_____. Instituto de Patrimônio Histórico e Artístico Nacional. **Ministério da Educação e Saúde.** Rio de Janeiro, [19-] 1. fotografia, color. Disponível em: <<http://portal.iphan.gov.br/clc/galeria/detalhes/151/>> Acesso em: 15 jun. 2016.

_____. Ministério do Meio Ambiente. Conferência das Partes. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/conferencia-das-partes>>. Acesso em: fevereiro de 2018c.

BRAUNGART, M.; McDONOUGH, W. **Cradle to cradle.** Criar e reciclar ilimitadamente. São Paulo: Ed. G. Gili, 2013.

BRITO, A. C.; AKUTSU, M.; VITORRINO, F.; AQUILINO, M. M. Contribuições para o aprimoramento da NBR 15.575 referente ao método simplificado de avaliação de desempenho térmico de edifícios. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 14, 2012, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora, ENTAC, 2012. p. 3191-3197.

BRUAND, Y. **Arquitetura contemporânea no Brasil.** 4 ed. São Paulo: Perspectiva, 2008.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. **Selo Casa Azul: Boas práticas para habitação mais sustentável** / coordenadores Vanderley Moacir John, Racine Tadeu Araújo Prado. São Paulo: Página & Letras, 2010.

CARLO, J. C.; LAMBERTS, R. Parâmetros e métodos adotados no regulamento de etiquetagem da eficiência energética de edifícios – parte 1: método prescritivo. **Ambiente Construído**, v. 10, n. 2, p. 7-26, abr./jun. 2010.

CAVILHA, M. K. ; HACKENBERG, A. M. Eficiência Energética Residencial: um comparativo entre a certificação procel edifica e o selo Casa Azul Caixa. In: Arquitetura e Urbanismo Sustentável: Estratégias e projetos para a promoção da eficiência energética e do conforto ambiental, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, REGSA, 2014. p. 117-130.

COHEN, J. L. **O futuro da arquitetura desde 1889** – uma história mundial. São Paulo: Cosac Naify, 2013.

COMAS, C. E. D. Arquitetura moderna, estilo Corbu, pavilhão brasileiro. In: GUERRA, A. (Org). **Textos fundamentais sobre história da arquitetura moderna brasileira** – parte 1. São Paulo: Romano Guerra, 2010.

CORBELLA, O.; YANNAS, S. Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos: conforto ambiental. 2 ed. Rio de Janeiro: Revan, 2009.

CORBUSIER, L. **Oeuvre complete** 1946-1952. Zurique: Les Editions d'Architecture, 1957a.

CORBUSIER, L. **Oeuvre complete** 1952-1957. Zurique: Les Editions d'Architecture, 1957b.

CORBUSIER, L. **Oeuvre complete** 1910-1929. Zurique: Les Editions d'Architecture, 1957c.

CORBUSIER, L. **Precisões**. São Paulo: Cosac & Naify, 2004a.

CORBUSIER, L. **Por uma arquitetura**. 6 ed. São Paulo: Perspectiva, 2004b.

COSTA, L. Documentação necessária. In: MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E CULTURA. **Revista do IPHAN**. n. 1, 1937.

COSTA, L. **Registro de uma vivência**. São Paulo: Empresa das Artes, 1995.

CURTIS, W. J. R. **Arquitetura moderna desde 1900**. 3 ed. Porto Alegre: Bookman, 2008.

DAVID, P. L.; RIOLI, T. O.; FONTES, M. S. G. F. O uso de espaços de transição como estratégia à arquitetura sustentável. In: 10º SEMINÁRIO INTERNACIONAL, NUTAU 2014, São Paulo. **Megaeventos e sustentabilidade**: legados tecnológicos em arquitetura, urbanismo e design. Disponível em: <https://www.usp.br/nutau/anais_nutau2014/trabalhos/david_priscila.pdf>. Acesso em: fev. 2018.

DIEZ, F. Los límites del mito moderno. **Arquitecto**. n. 1, p. 12-17. 2000.

ELETROBRAS. **Procel**. Disponível em: <<https://www.eletrobras.com/ELB/data/Pages/LUMIS0389BBA8PTBRIE.htm>>. Acesso em: 15 dez. de 2017.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. **Balanço Energético Nacional – Relatório Síntese 2017**, ano base 2016. Disponível em: <<https://ben.epe.gov.br/BENRelatorioSintese.aspx?anoColeta=2016&anoFimColeta=2015>>. Acesso em: junho de 2018.

FARR, Douglas. **Urbanismo sustentável**: desenho urbano com a natureza. Porto Alegre: Bookman, 2013.

FAZIO, M; MOFFETT, M; WODEHOUSE, L. **A história da arquitetura mundial**. 3 ed. Porto Alegre: AMGH, 2011.

FERRO, S. **Arquitetura e trabalho livre**. São Paulo: Cosac Naify, 2006.

FOSSATTI, M.; LAMBERTS, R. Eficiência energética da envoltória de edifícios de escritórios de Florianópolis: discussões sobre a aplicação do método prescritivo do RTQ-C. **Ambiente Construído**. v.10, n.2, p. 59-69. 2010.

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. **Manual de Conforto Térmico**. 8 ed. São Paulo: Studio Nobel, 2003.

FUNDAÇÃO VANZOLINI. Disponível em:<<https://vanzolini.org.br/aqua/>>. Acesso em: jan. 2018.

GARCÍA-NAVARRO, J. **Sostenibilidad en la construcción**. Madrid: Instituto Torroja, 2013.

GASTÓN, C.; ROVIRA, T. **El proyecto moderno. Pautas de investigación**. Barcelona: Edicions UPC, 2007.

GIEDION, S. **Espaço, tempo, arquitetura** – o desenvolvimento de uma nova tradição. São Paulo: Martins Fontes, 2004.

GOMBRICH, E. H. **A história da arte**. 16 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2011.

GONÇALVES J. C. S.; DUARTE, D. H. S. Arquitetura sustentável: uma integração entre ambiente, projeto e tecnologia em experiências de pesquisa, prática e ensino. **Ambiente Construído**. v. 6, n. 4, p. 51-58 out/dez. 2006.

GOODWIN, P., KIDDER Smith, G. **Brazil Builds** – architecture new and old 1952-1942. 4 ed. Nova York: Museu de Arte Moderna, 1943.

GOOGLE STREET VIEW. **Imagens diversas**. 2011. Disponível em: <https://www.google.com.br/maps/@-26.3074234,48.8424273,3a,75y,177.42h,75.51t/data=!3m7!1e1!3m5!1s1rruRuls7EbLNOAeWWn_Q!2e0!5s20110701T000000!7i13312!8i6656>. Acesso em: jun de 2017.

GOOGLE STREET VIEW. **Imagens diversas.** 2015. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps/@-26.2930631,-48.8525411,3a,75y,62.01h,70.75t/data=!3m7!1e1!3m5!1sCkUNS4tx3AOwohLb0UZbaQ!2e0!5s20150801T000000!7i13312!8i6656>>. Acesso em: jun de 2017.

GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL. Selo LEED. Disponível em:<<http://gbcbrasil.org.br/sobre-certificado.php>>. Acesso em: jan. 2018.

GRÜNBERG, P. R. M. **Avaliação das estratégias bioclimáticas de projeto para clima quente e úmido através de simulação** – estudo de caso de edificação unifamiliar em Joinville/SC. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Construção Civil). Universidade Federal do Paraná: Curitiba, 2014.

HOUAISS, A.; SALLES, V. M. de S. **Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa.** Rio de Janeiro: Objetiva, 2001.

IPPUJ. Simgeo. 2017. Disponível em: <simgeo.joinville.sc.gov.br>. Acesso em: jan de 2017.

JOINVILLE. Fundação Cultural de Joinville. **Relação de bens tombados no Município de Joinville:** 2016. Joinville, 2016. 5p.

KAHN, L. **Forma e design** / Louis Kahn: trad. Raquel Peev.. São Paulo: Martins Fontes. 2010.

KWONG, Q. J.; ADAM, N. M.; SAHARI, B. B. Thermal comfort assessment and potential for energy efficiency enhancement in modern tropical buildings: A review. **Energy and Buildings.** n. 68, p. 547-557. 2014.

LABAUT. Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética. Brise BR 2011. São Paulo, USP, 2011. Disponível em: <<http://www.fau.usp.br/pesquisa-novo/laboratorios-de-pesquisa/labaut/softwares-de-conforto/>>. Acesso em: jan. 2018.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura.** 3 ed. Rio de Janeiro: ELETROBRAS/PROCEL. 2014.

LATIF, M. B. Ventilação no trópico. In: XAVIER, A. (Org). **Depoimento de uma geração - arquitetura moderna brasileira.** São Paulo: Cosac Naify, 2003.

LEHMANN, S. An environmental and social approach in the modern architecture of Brazil: The work of Lina Bo Bardi. **City, Culture and Society**. p. 1-17, 2016.

LEVI, R. A arquitetura e a estética das cidades. In: XAVIER, A. (Org.). **Depoimento de uma geração – arquitetura moderna brasileira**. São Paulo: Cosac Naify, 2003.

LEVI, R. Evolução na arquitetura. In: SOUZA, A. de. (Org.) **Arquitetura no Brasil – depoimentos**. São Paulo: EDUSP, p. 88-92, 1978.

MARAGNO, G. V. **Eficiência e forma do brise-soleil na arquitetura de Campo Grande – MS**. 2000. Dissertação (Mestrado em Arquitetura). Universidade Federal do Rio Grande do Sul: Porto Alegre, 2000.

MATERA, S. **Carlos Millan, um estudo sobre a produção em arquitetura**. 2005. Dissertação (Mestrado em História e Fundamentos da Arquitetura e Urbanismo). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo de São Paulo: São Paulo, 2005.

McDONOUGH, W. Os princípios de Hannover. In: NESBITT, K. (Org). **Uma nova agenda para a arquitetura: antologia teórica. (1965-1995)**. 2 ed. São Paulo: Cosac Naify, 2008.

MENDES, T. B. Sobre as residências modernas de Joinville. São Paulo, 2015. Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/projetos/15.178/5768>>. Acesso em: jan. 2017.

MENDES, T. B.; HACKENBERG, A. M. Efetividade das estratégias para o conforto climático na arquitetura moderna residencial. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 14, 2017, Balneário Camboriú. **Anais...** Balneário Camboriú, ENTAC, 2017. p. 1056-1065.

MINDLIN, H. E. **Modern architecture in Brazil**. London: The Architectural Press, 1956.

MINDLIN, H. E. **Arquitetura moderna no Brasil**. Rio de Janeiro: Editora Aeroplano, 2000.

MONTANER, J. M. **A condição contemporânea da arquitetura**. São Paulo: Gustavo Gili, 2016.

MONTANER, J. M. **Arquitetura e crítica**. Barcelona: Gustavo Gili, 2007.

MONTANER, J. M. **Depois do movimento moderno**. Barcelona: Gustavo Gili, 2009.

MOREIRA, D. C. Software: propriedade térmica dos materiais. 2^a versão. 2003. Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP. Disponível em: <<http://www.fec.unicamp.br/~damore/conforto27.swf>>. Acesso em: agosto 2017

NAÇÕES UNIDAS. Meio ambiente. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/docs/meio-ambiente/>>. Acesso em: janeiro 2018.

OLIVEIRA, L. P. de; ROMERO, M. B. Análise dos critérios prescritivos e de desempenho para avaliação qualitativa do edifício quanto ao conforto e ao desempenho ambiental. In: 8º SEMINÁRIO INTERNACIONAL ARQUITETURA, URBANISMO e DESIGN. **Produtos e mensagens para ambientes sustentáveis**, NUTAU 2010, São Paulo.

PBE EDIFICA. Planilha de cálculo do desempenho da UH. Disponível em: <<http://www.pbeedifica.com.br/etiquetagem/residencial/planilhas-catalogos>>. Acesso em: agosto de 2016.

PBE. PBE Edifica. Disponível em: <<http://www.pbeedifica.com.br/node/28>>. [200-?]. Acesso em: 24 jan. 2018.

PEREIRA, J. R. A. **Introdução à história da arquitetura** – das origens ao século XXI. Porto Alegre: Bookman, 2010a.

PEREIRA, M. da. S. A arquitetura brasileira e o mito. In: GUERRA, A. (Org). **Textos fundamentais sobre história da arquitetura moderna brasileira** – parte 1. São Paulo: Romano Guerra, 2010b.

PIÑÓN, H. **El sentido de la Arquitectura Moderna**. Barcelona: Edicions UPC, 1997.

PIÑÓN, H. **El proyecto como (re)construcción**. Barcelona: Edicions UPC, 2005.

PIÑÓN, H. **Teoria do projeto**. Trad. Edson Mahfuz. Porto Alegre: Livraria do Arquiteto, 2006.

PROCEL, Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. Relatório de resultados do Procel 2017 – ano base 2016. Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <http://www.procelinfo.com.br/resultadosprocel2017/docs/rel_procel2017_web.pdf>. Acesso em: janeiro 2018.

PROCEL EDIFICA; ELETROBRAS; UFSC, CB3E. **Diretrizes para a obtenção de classificação nível A para edificações residenciais – Zona Bioclimática 5. Manual A 4.7.** 2012a.

PROCEL EDIFICA; ELETROBRAS; UFSC; CB3E. **Manual para Aplicação do RTQ-C.** Rio de Janeiro, 2009.

PROCEL EDIFICA; ELETROBRAS; UFSC; CB3E. **Manual para Aplicação do RTQ-R:** Manual RTQ-R 4.2 Residencial. Rio de Janeiro, 2012b.

PROCEL EDIFICA; ELETROBRAS; UFSC; CB3E. **Regulamento técnico da qualidade para o nível de eficiência energética de edificações residenciais.** RTQ-R 2.2. 2012c.

PROGRAMA BRASILEIRO DE QUALIDADE E PRODUTIVIDADE NO HABITAT. Disponível em: <http://pbqp-h.cidades.gov.br/projetos_sinat.php>. Acesso em: janeiro 2018.

PROJEEE. Projetando Edificações Energeticamente Eficientes. **Dados climáticos.** Disponível em: <http://projeteee.mma.gov.br/dados-climaticos/?cidade=SC-Itapo%C3%A1&id_cidade=bra_sc_itapoa.869470_inmet>. Acesso em: jan. 2018.

RADFORD, A.; MORKOÇ, S.; SRIVASTAVA, A. **The elements of modern architecture:** understanding contemporary buildings. London: Thames & Hudson, 2014.

RECASENS, G. D. La tradición del pátio em la arquitectura moderna. **Documents de Projecte d'Arquitectura.** Barcelona: ETSAB UPC, p. 10, 1997.

REGO, J. L. do. O homem e a paisagem. In: XAVIER, A. (Org). **Depoimento de uma geração - arquitetura moderna brasileira.** São Paulo: Cosac Naify, 2003.

REIS FILHO, N. G. **Quadro da arquitetura no brasil.** 12 ed. São Paulo: Perspectiva, 2014.

RITTL, C. O Acordo de Paris e o Brasil. **Le Monde Diplomatique**, São Paulo, n. 127, p. 24-25, fev. 2018.

RORIZ, M. **Uma proposta de revisão do zoneamento bioclimático brasileiro.** São Carlos: ANTAC, 2012. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/projetos/Proposta_Revisao_Zoneamento_Bioclimatico.pdf>. Acesso em: dezembro 2017.

ROTH, L. M. Entender a arquitetura: seus elementos, história e significado. São Paulo: Gustavo Gili. 2017.

ROVIRA, T. **Problemas de forma** – Schoenberg y Le Corbusier. Barcelona: Edicions UPC, 1999.

SCOFIELD, J. H. Do LEED-certified building save energy? Not really...**Energy and Buildings**. n. 41, p. 1386-1390, 2009.

SCRUTON, R. **Filosofia verde**: como pensar seriamente o planeta. São Paulo: É Realizações, 2016.

SEGAWA, H. Clave de sol: notas sobre a história do conforto ambiental. **Ambiente Construído**, v.3, n.2, p. 37-46. 2003.

SESTREM, L. [Sem título. 2015] 1. Fotografia.

SESTREM, L. [Sem título. 2016] 1. Fotografia.

SESTREM, L. [Sem título. 2017] 1. Fotografia.

SESTREM, L. [Sem título. 2018] 1. Fotografia.

SCHULZE, FRANZ; WINDHORST, E. **Ludwig Mies van der Rohe** – uma biografia crítica. Barcelona: Editorial Reverté, 2016.

SILVA, E. A vanguarda incômoda: a resistência ao modern na arquitetura brasileira. **Arqtexto**, 2002/1, n.2, p. 6-15. 2002.

SILVA, H. S. da. O conforto na arquitetura moderna brasileira. **Revista de pesquisa em arquitetura e urbanismo, risco**. n. 10, p. 91-95, 2009.

SILVEIRA, R.; MARINOSKI, D. L.; LAMBERTS, R. **Avaliação da absorção à radiação solar e temperatura superficial de telhas de fibrocimento utilizadas nas coberturas de edificações do campus da UFSC**. XIV ENTAC – Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Juiz de Fora, MG, 2012.

TANIZAKI, J. **Elogio da sombra**. Portugal: Relógio D'Água, 2008.

TONDO, G. H. **Influência das estratégias bioclimáticas no desempenho térmico em edifícios escolares.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade do Estado de Santa Catarina: Joinville, 2017.

UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE. **Kyoto Protocol**, 1998. Disponível em: <http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/2830.php> Acesso em: 18 fev. 2018.

UNITED STATE DEPARTAMENT OF ENERGY. ENERGYPLUS, **Energy Simulation Software** – Energy Efficiency and Renewable Energy – Building Technologies Program.

WARCHAVCHIK, G. **Arquitetura do século XX e outros escritos.** São Paulo: Cosac Naify, 2006.

WISNIK, G. (Org.) **Mário Pedrosa:** Arquitetura Ensaios críticos. São Paulo: Cosac Naify, 2015.

XAVIER, A. (Org.) **Depoimentos de uma geração - arquitetura moderna brasileira.** São Paulo: Cosac Naiify, 2003.

APÊNDICES

APÊNDICE A – PLANILHA DOS AMBIENTES DE PERMANÊNCIA PROLONGADA E BANHEIROS

Tabela 209 - Planilha dos ambientes de permanência prolongada e banheiros

Ordem Original	Endereço	Ordem Desenvolvimento	Pavimentos	Dormitórios	Escritório/Biblioteca	Sala de Estar íntimo	Sala de Jantar	Living	Copa	Sala de Jogos	Banheiros	Lavabo	Dormitório de Empregada	Sala de Costura	Atelier	Sala de Rádio
1	R. Alexandre Schlemm, 400	7.1	1	2										2		
2	R. Alexandre Schlemm, 850	7.2	1	4										3		
5	R. Afonso Penna, 1097	7.3	1	3										3		
6	R. Afonso Penna, 1100	7.4	1	3										3		
60	R. Ministro Calógeras, 253	7.5	2	3										2		
24	R. Aquidabán, 700	7.6	2	5										5	2	
12	R. Jaraguá, 744	7.7	1	3										5		
26	R. Orleans, 1008	7.8	2	4										4		
28	R. Alm. Jaceguay, 1811	7.9	1	4										3		
55	R. Conselheiro Antônio 630	7.10	1	4										2		
32	R. Miguel Couto, 133	7.11	2	4										3		
40	R. Pernambuco, 115	7.12	1	5										4		
33	R. Lages, 900	7.13	1	3										4		
34	R. Aquidabán, 490	7.14	1	3										3		
71	R. Elzébio de Queiroz, 73	7.15	2	3										3		
72	R. Alexandre Schlemm, 50	7.16	1	3										3		
73	R. Porto Belo, 250	7.17	1	3										2		
16	R. Marechal Deodoro, 330	7.18	2	4										6		

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

APÊNDICE B – PLANILHA DOS MATERIAIS CONSTRUTIVOS

Tabela 210 - Planilha dos materiais construtivos das residências

Residência	Par Int (cm)	Par Ext (cm)	Tipo de Alvenaria	Tipo de Cobertura	Laje (cm)	Descrição Anexo Geral V	Descrição Anexo 2

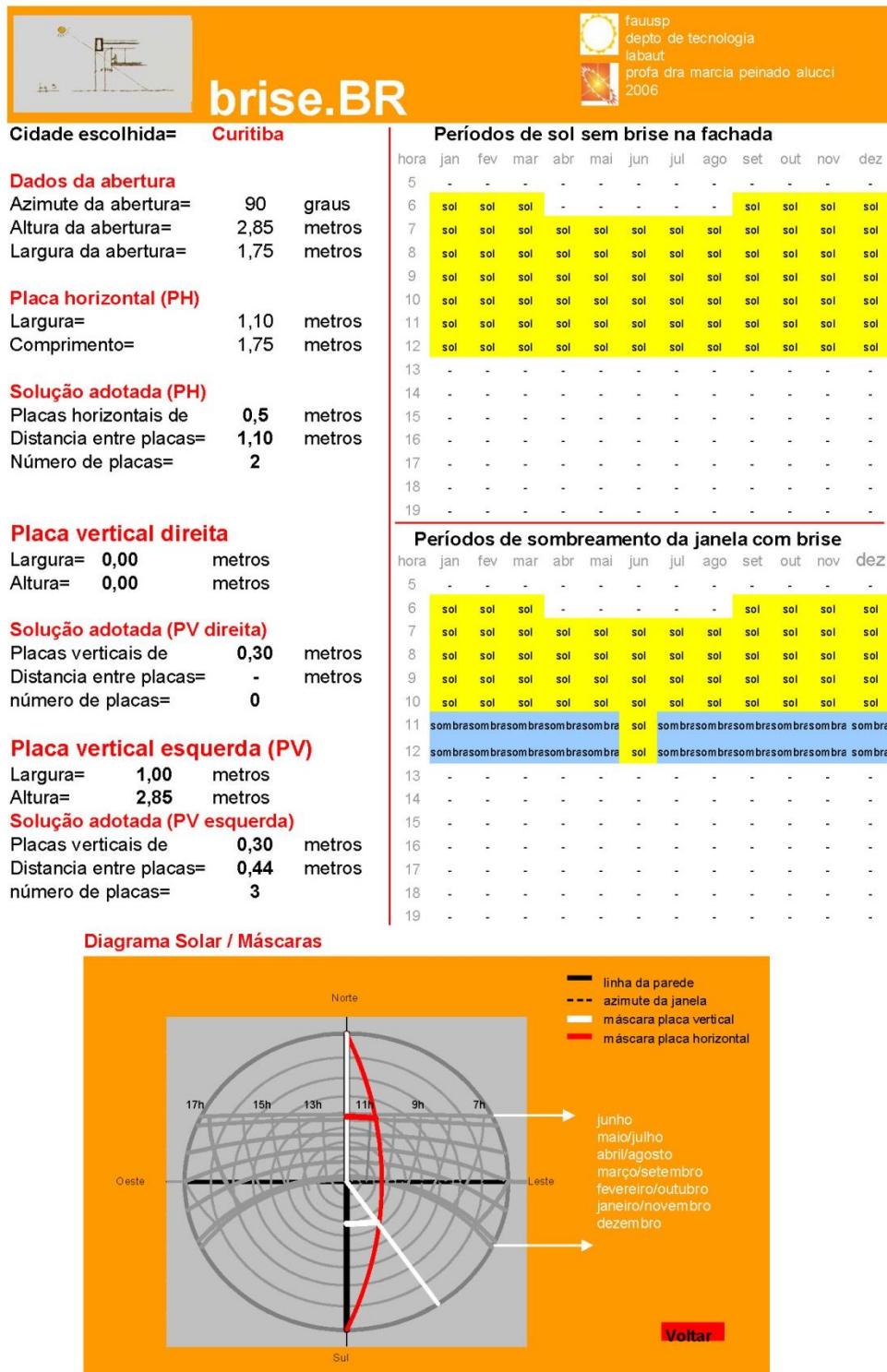
Tabela 210 - Continuação

Residências	Venzianas	Vidros	Claraboias	Pintura	Forro	Beirais

Fonte: Elaborada pelo autor, 2016.

APÊNDICE C – RELATÓRIOS DE SOMBREAMENTO NAS ABERTURAS DA RESIDÊNCIA 4.1⁶⁵

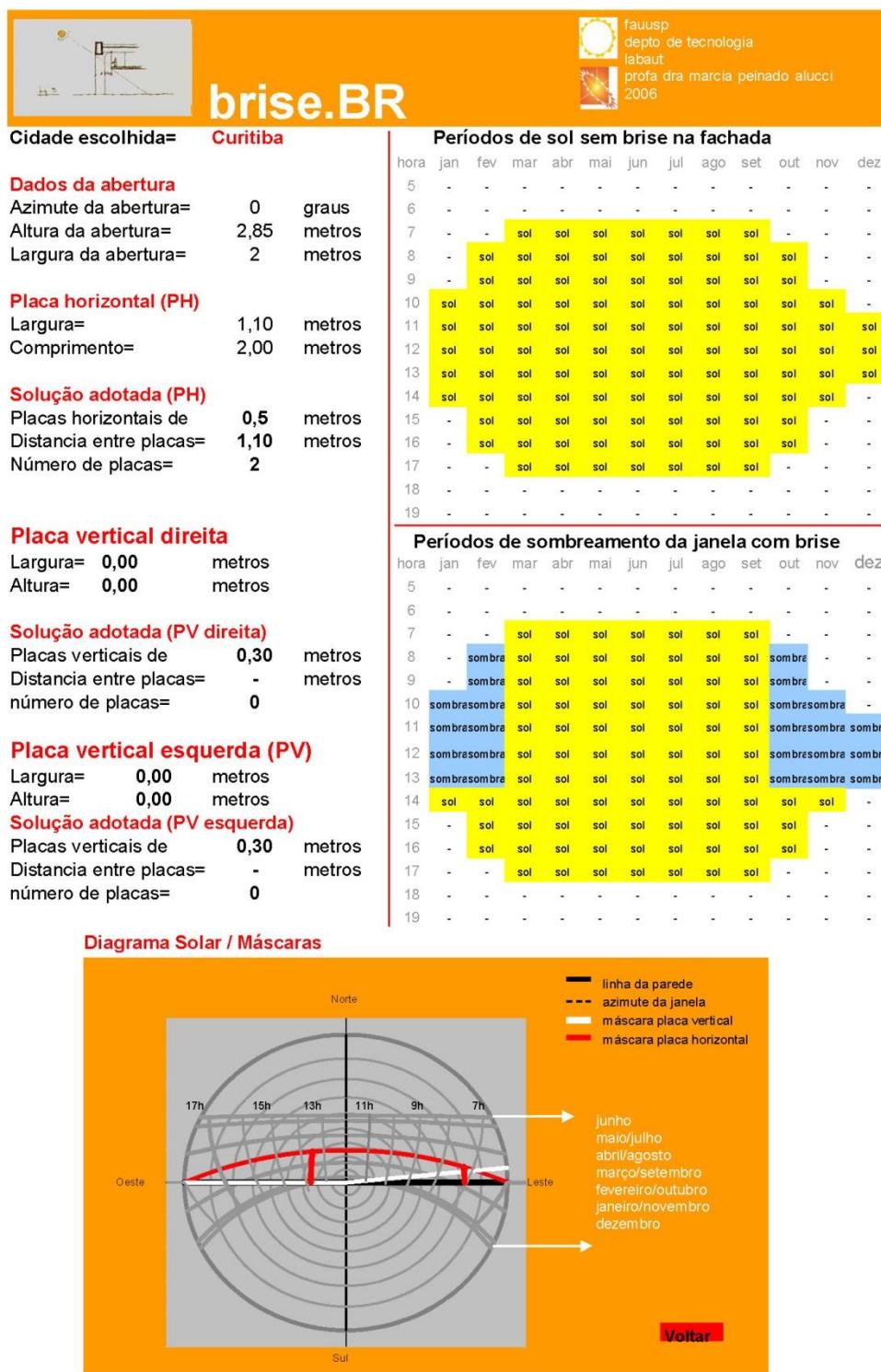
Figura 55 - Relatório de sombreamento na abertura do Dormitório 01



Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

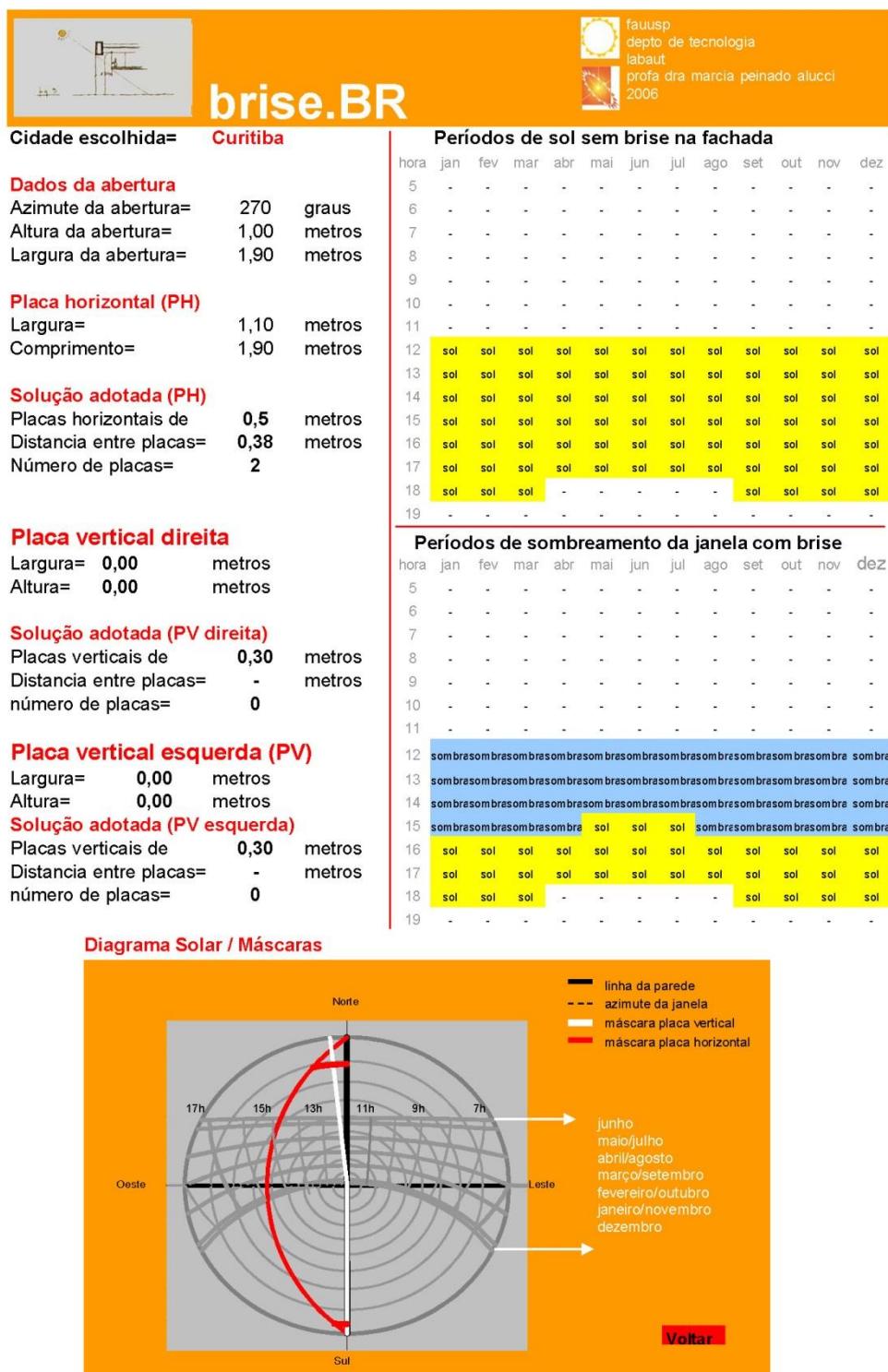
⁶⁵ Para informações sobre os relatórios de sombreamento referentes às demais residências, assim como para as planilhas RTQ-R desenvolvidas durante esta pesquisa, sugere-se enviar e-mail ao autor: tborgesmendes@gmail.com

Figura 56 - Relatório de sombreamento na abertura do Dormitório 02



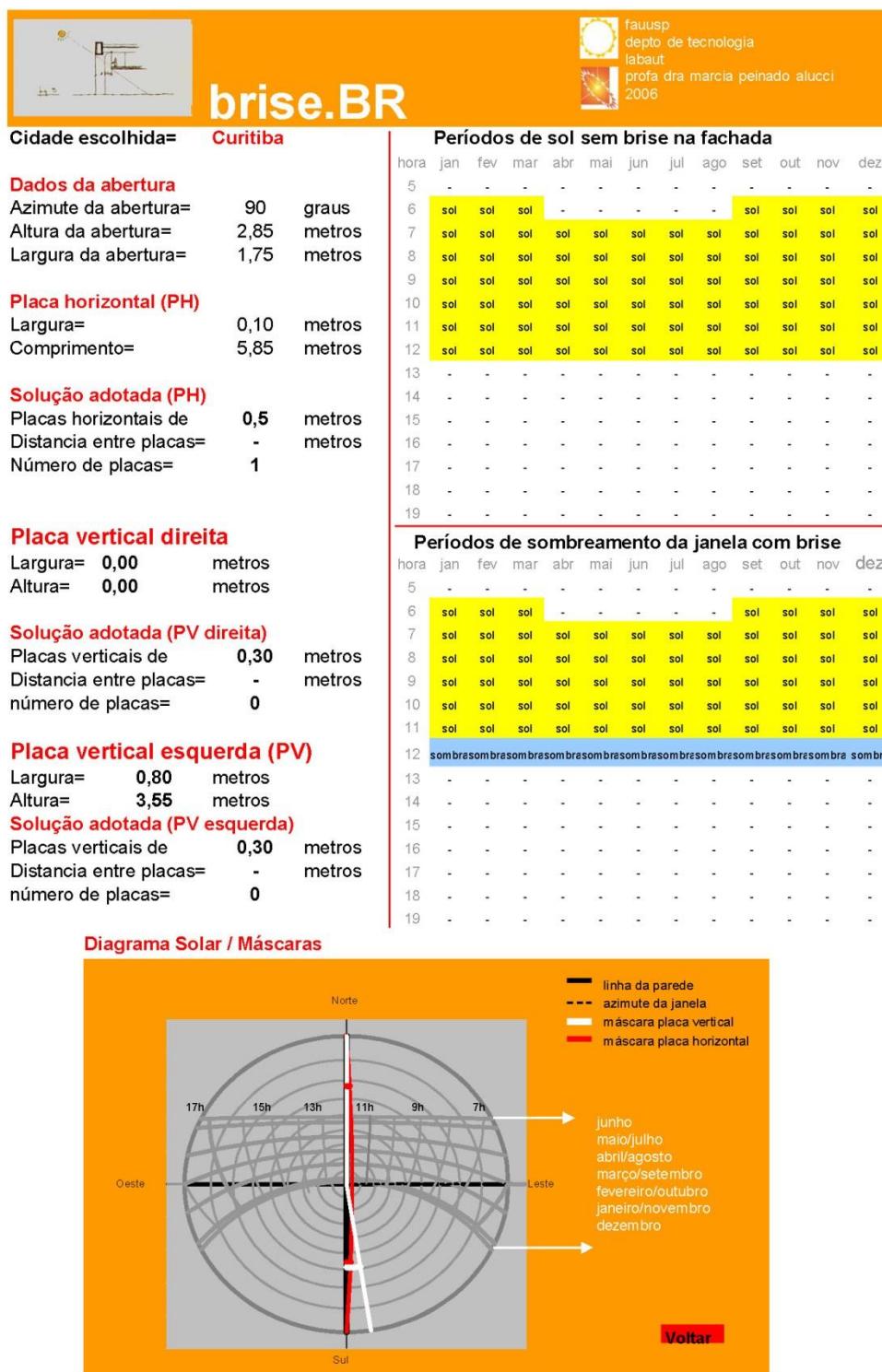
Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

Figura 57 - Relatório de sombreamento na abertura do Dormitório de Empregada



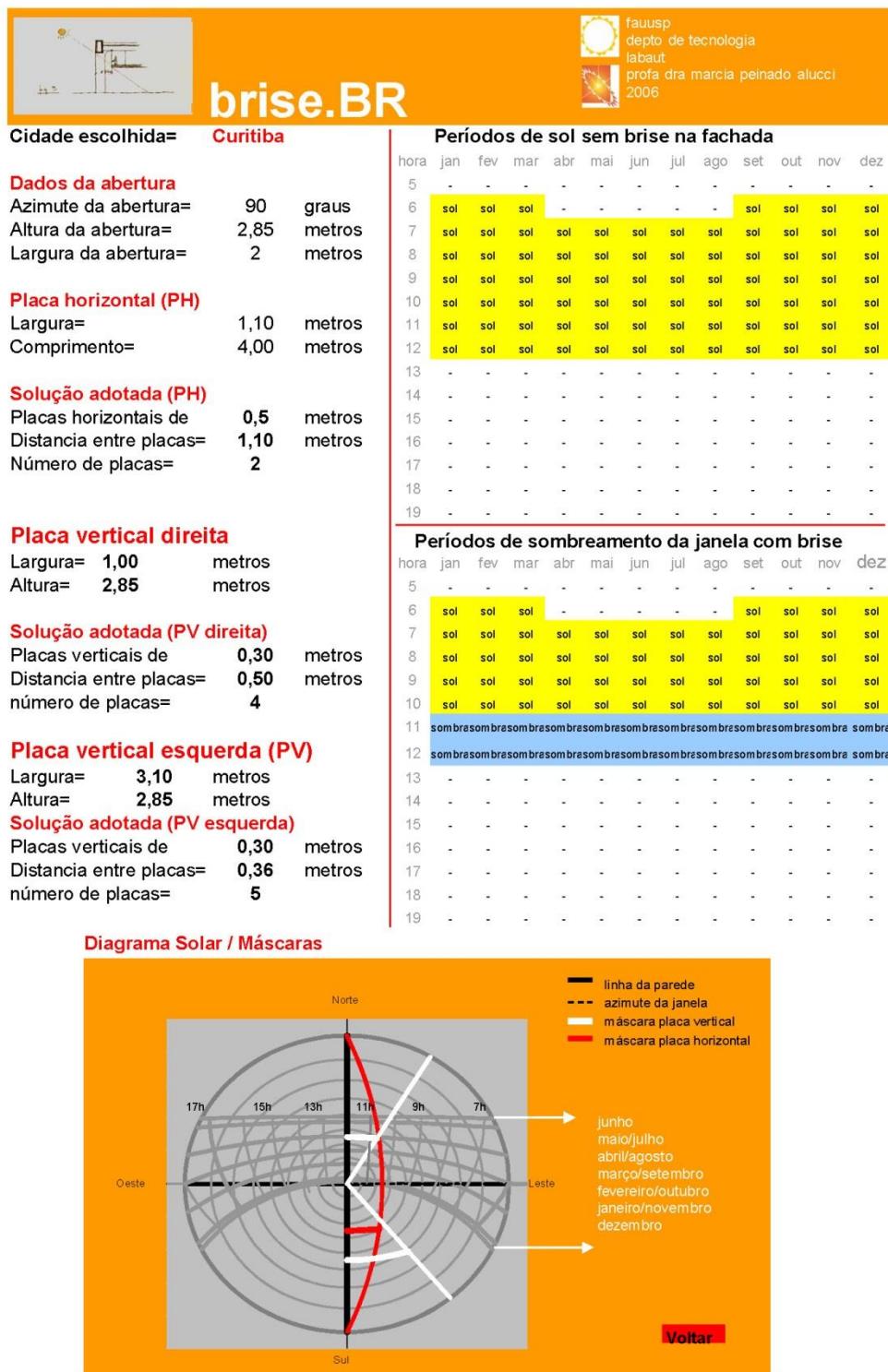
Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

Figura 58 - Relatório de sombreamento na abertura do Escritório



Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

Figura 59 - Relatório de sombreamento na abertura da Sala de Estar Íntimo



Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.