

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL  
CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO CIVIL**

**CAMILA DOS SANTOS LITZ**

**APLICAÇÃO DA NBR 15575 NOS PROJETOS DA COHAPAR: uma  
análise sobre desempenho térmico, desempenho acústico e  
desempenho lumínico**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**CURITIBA**

**2013**

CAMILA DOS SANTOS LITZ

**APLICAÇÃO DA NBR 15575 NOS PROJETOS DA COHAPAR: uma  
análise sobre desempenho térmico, desempenho acústico e  
desempenho lumínico**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação, apresentado ao Curso Superior de Engenharia de Produção Civil, do Departamento Acadêmico de Construção Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro.

Orientador: Prof. Dr. Cezar Augusto Romano

CURITIBA

2013



Ministério da Educação  
**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO  
PARANÁ**

*Campus Curitiba – Sede Ecoville*  
**Departamento Acadêmico de Construção Civil**  
Curso de Engenharia de Produção Civil

---

## FOLHA DE APROVAÇÃO

### **APLICAÇÃO DA NBR 15575 NOS PROJETOS DA COHAPAR: uma análise sobre desempenho térmico, desempenho acústico e desempenho lumínico**

Por

**CAMILA DOS SANTOS LITZ**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, defendido e aprovado em 20 de março de 2014, pela seguinte banca de avaliação:

---

Prof. Orientador – Cezar Augusto Romano, Dr.  
UTFPR

---

Prof. Carlos Alberto da Costa, Msc.  
UTFPR

---

Prof. Fernando Guajará Greenberg, Dr.  
UTFPR

---

UTFPR - Deputado Heitor de Alencar Furtado, 4900 - Curitiba - PR Brasil  
[www.utfpr.edu.br](http://www.utfpr.edu.br) [dacoc-ct@utfpr.edu.br](mailto:dacoc-ct@utfpr.edu.br) telefone DACOC: (041) 3373-0623

OBS.: O documento assinado encontra-se em posse da coordenação do curso.

Dedico esse trabalho ao meu pai, Engenheiro Carlos Rogério Litz, por ter sido a minha grande inspiração durante todo o curso. Pai, pra mim você é o melhor engenheiro do mundo.

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais, Carlos e Rosane Litz, pelo apoio incondicional, incentivo, confiança e incansável torcida, vocês foram fundamentais em todos os momentos. Eu amo vocês.

Ao meu irmão, Lucas Litz, pela cumplicidade e amizade, que a relação que construímos até aqui perdure por toda a vida.

À minha família, melhor família do mundo. Meus avós, tias, tios, primos e afilhada, vocês foram o meu porto seguro. Em especial ao meu avô, Claudio Santos, pelo grande exemplo de vida, que saudades!

Ao meu namorado, Rodolfo, pelo carinho, paciência e incentivo, você fez o caminho até aqui ser mais leve e gostoso.

Aos meus amigos, por simplesmente existirem, vocês dão sentido a essa conquista.

Ao meu orientador, Prof. Romano, pela paciência, conhecimento compartilhado e palavras de incentivo.

À Deus, por tudo acima.

*“Para quem tem o pensamento forte o impossível é só questão de opinião.”  
(Chorão)*

## RESUMO

LITZ, Camila dos Santos. **APLICAÇÃO DA NBR 15575 NOS PROJETOS DA COHAPAR**: uma análise sobre desempenho térmico, desempenho acústico e desempenho lumínico. 2014. 93 folhas e 2 pranchas. Trabalho de Conclusão de Curso de Bacharelado em Engenharia de Produção Civil - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2014.

A cultura de construir habitações de interesse social baseado na demanda gerada pelo déficit habitacional, com gastos reduzidos, pouco adequadas à região e conseqüentemente com nenhuma atenção às condições de conforto e desempenho, é uma herança deixada desde o boom da imigração no país, ocorrido nos séculos anteriores. Esse trabalho analisa o atendimento dos requisitos e critérios da NBR 15575/2013, a respeito de desempenho em edificações residenciais de interesse social, em edificações da COHAPAR, a fim de verificar o desempenho térmico, acústico e lumínico. Foram feitas medições e observações em dois conjuntos habitacionais localizados na região metropolitana de Curitiba, além de cálculos sugeridos por Normas específicas. As análises apontaram falhas e acertos no atendimento dos critérios, além da percepção de que é necessário maior atenção nos processos de elaboração dos projetos, aprovação, orientação do morador e previsão de ampliações e reformas. Também ficou evidente a necessidade de maior clareza e esclarecimentos na NBR 15575/2013.

**Palavras-chave:** Conforto. Desempenho. Térmico. Acústico. Lumínico. NBR 15575/2013. COHAPAR.

## ABSTRACT

LITZ, Camila dos Santos. **APPLICATION OF “NBR 15575” IN THE PROJECTS OF COHAPAR**: an analysis of thermal performance, acoustic performance and luminical performance. 93 pages. Trabalho de Conclusão de Curso de Bacharelado em Engenharia de Produção Civil - Federal Technology University - Parana. Curitiba, 2013.

The culture of building social housing based on the demand generated by the housing deficit, with low spending to the region and in consequence of that, without attention to the conditions of comfort and performance , is an inheritance left by the immigration boom in the country , occurred in previous centuries . This paper analyzes the requirements and analyzes the criteria of “NBR 15575/2013”, regarding performance in residential buildings, in “COHAPAR” buildings in order to check the thermal, acoustic and luminal performances . Measurements and observations were made in two housing developments located in the metropolitan region of Curitiba , and calculations suggested by specific standards The analyzes showed failures and successes in meeting the criteria, beyond the perception that more attention is needed in the process of preparing the draft, approval, guidance of resident and forecasting expansions and renovations. It was also evident the need of greater clarity and clarification on “NBR 15575/2013”.

Keywords: Comfort. Performance. Thermal. Acoustic. Luminal.

## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1- Mapa das zonas bioclimáticas brasileiras .....   | 24 |
| Figura 2: Mapa da região metropolitana de Curitiba com destaque para os municípios de Colombo e São José dos Pinhais.....  | 43 |
| Figura 3: Implantação do Conjunto Habitacional Nápoles, em Colombo, com marcação das unidades selecionadas para as medições .....  | 46 |
| Figura 4: Implantação do Conjunto Habitacional Nápoles, com marcação das unidades selecionadas.....  | 48 |
| Figura 5: Tijolo de barro seis furos, com dimensões e indicação das seções <i>S1</i> , <i>S2</i> e <i>S3</i> .....   | 55 |
| Figura 6: Tijolo de barro de seis furos com aplicação de argamassa de assentamento.....  | 56 |
| Figura 7: Tijolo de barro de seis furos com aplicação de argamassa de assentamento e reboco dos dois lados (interno e externo), indicação das seções <i>Sa</i> e <i>Sb</i> ..... | 56 |
| Figura 8: Vista frontal do tijolo de barro de seis furos, com indicação das seções <i>SA</i> , <i>SB</i> , <i>SC</i> e <i>SD</i> .....   | 57 |
| Figura 9: Desenhos do telhado real e do equivalente para cálculo .....   | 62 |
| Figura 10: Especificação das aberturas do projeto arquitetônico do Conjunto Habitacional Marambaia.....  | 69 |

## LISTA DE IMAGENS

|   |    |
|---|----|
| Imagem 1: Unidade entregue na primeira fase .....   | 44 |
| Imagem 2: Segunda fase em obras .....   | 44 |
| Imagem 3: Conjunto Habitacional Nápoles, vista da rua interna .....   | 47 |
| Imagem 4: Termômetro de globo posicionado à 1,20m do piso, na linha da base dos sensores, no centro do ambiente ..... | 49 |
| Imagem 5: Luxímetro posicionado à 0,75m do piso, no centro do ambiente .....  | 49 |
| Imagem 6: Termômetro de Globo, TGD-300, Instrutherm.....  | 51 |
| Imagem 7: Decibelímetro utilizado nas medições – SL-4011 .....  | 70 |
| Imagem 8: Luxímetro, LDR -380, Instrutherm .....  | 76 |

## LISTA DE TABELAS

|  |    |
|--|----|
| Tabela 1: Temperatura máxima observada no Conjunto Habitacional Marambaia – Colombo/PR .....   | 52 |
| Tabela 2: Temperatura máxima observada no Conjunto Habitacional Nápoles – São José dos Pinhais/PR .....  | 52 |
| Tabela 3: Temperatura média obtida nos Conjuntos Habitacionais Marambaia e Nápoles .....   | 53 |
| Tabela 4: Valores de Transmitância Térmica e Capacidade Térmica para a Zona 1 58   |    |
| Tabela 5: Absortância à radiação solar, comparada à exigência da NBR 15575-4 (2013) .....  | 60 |
| Tabela 6: Valores de Absortância à radiação solar X Transmitância Térmica, das unidades habitacionais do Conjunto Nápoles .....  | 61 |
| Tabela 7: Valores de Transmitância Térmica da cobertura nas condições de verão e inverno .....   | 64 |
| Tabela 8: Área de ventilação observada no Conjunto Habitacional Marambaia, em Colombo, comparada ao valor de referência dispostos na NBR 15575-4/2013.....                                   | 66 |
| Tabela 9: Área de ventilação observada no Conjunto Habitacional Nápoles, em São José dos Pinhais, comparada aos valores de referência dispostos no Quadro 16. ..                             | 67 |
| Tabela 10: Relação da área de superfície de piso dos ambientes e área de abertura para ventilação das janelas especificadas em projeto, no Conjunto Habitacional Marambaia, em Colombo. .... | 69 |
| Tabela 11: Nível de pressão sonora na unidade B1C22 do C. H. Marambaia .....   | 71 |
| Tabela 12: Nível de pressão sonora na unidade B2C03 do C. H. Marambaia .....   | 71 |
| Tabela 13: Nível de pressão sonora na unidade B2C06 do C. H. Marambaia .....   | 71 |
| Tabela 14: Nível de pressão sonora na unidade B2C14 do C. H. Marambaia .....   | 71 |
| Tabela 15: Nível de pressão sonora na unidade B4C11 do C. H. Marambaia .....   | 71 |
| Tabela 16: Nível de pressão sonora na unidade B4C45 do C. H. Marambaia .....   | 71 |
| Tabela 17: Nível de pressão sonora na unidade B5C31 do C. H. Marambaia .....   | 72 |
| Tabela 18: Nível de pressão sonora na unidade B6C01 do C. H. Marambaia .....   | 72 |
| Tabela 19: Nível de pressão sonora na unidade B6C10 do C. H. Marambaia .....   | 72 |
| Tabela 20: Nível de pressão sonora na unidade A2 do C. H. Nápoles .....  | 73 |

|   |    |
|---|----|
| Tabela 21: Nível de pressão sonora na unidade A8 do C. H. Nápoles .....                                 | 73 |
| Tabela 22: Nível de pressão sonora na unidade B3 do C. H. Nápoles .....                                 | 73 |
| Tabela 23: Nível de pressão sonora na unidade C1 do C. H. Nápoles .....                                 | 73 |
| Tabela 24: Nível de pressão sonora na unidade D13 do C. H. Nápoles .....                                | 73 |
| Tabela 25: Nível de pressão sonora na unidade D14 do C. H. Nápoles .....                                | 73 |
| Tabela 26: Nível de pressão sonora na unidade I2 do C. H. Nápoles.....                                  | 74 |
| Tabela 27 Nível de pressão sonora na unidade I4 do C. H. Nápoles.....                                   | 74 |
| Tabela 28: Nível de pressão sonora na unidade I16 do C. H. Nápoles.....                                 | 74 |
| Tabela 29: Nível de pressão sonora na unidade G20 do C. H. Nápoles .....                                | 74 |
| Tabela 30: Nível de pressão sonora na unidade J20 do C. H. Nápoles .....                                | 74 |
| Tabela 31: Nível de pressão sonora equivalente .....  | 75 |
| Tabela 32: Valores mínimos de iluminância geral dos ambientes, conforme NBR 15575-1 e NBR 5413.....     | 77 |
| Tabela 33: Dados de iluminância obtidos no Conjunto Habitacional Marambaia, em Colombo.....             | 77 |
| Tabela 34: Dados de iluminância obtidos no Conjunto Habitacional Nápoles, em São José dos Pinhais. .... | 78 |
| Tabela 35: Atendimento à exigência de nível de Iluminância dos ambientes, C. H. Marambaia .....         | 79 |

## LISTA DE QUADROS

|   |    |
|---|----|
| Quadro 1 - Requisitos do Usuário .....  | 21 |
| Quadro 2 - Transmitância Térmica de paredes externas .....  | 26 |
| Quadro 3 - Capacidade Térmica de paredes externa .....  | 26 |
| Quadro 4: Absortância à radiação solar conforme tipos de superfície .....   | 27 |
| Quadro 5 - Critérios de Transmitância Térmica para coberturas.....  | 29 |
| Quadro 6 - Critério e nível de pressão sonora de impacto padrão ponderado, $L'_{Nt,w}$<br>.....                                       | 31 |
| Quadro 7 - Critérios de diferença padronizada de nível ponderado, $D_{nTw}$ .....   | 32 |
| Quadro 8 - Diferença padronizada de nível ponderada, $D_{2m,nT,w}$ , da vedação<br>externa de dormitórios, para ensaio de campo ..... | 33 |
| Quadro 9 - Diferença padronizada de nível ponderada entre ambientes, $D_{nT,w}$ , para<br>ensaio de campo .....                       | 34 |
| Quadro 10 - Valores indicativos do índice de redução sonora ponderado para alguns<br>sistemas de paredes .....                        | 35 |
| Quadro 11 - Valores máximos do nível de pressão sonora máximo, $L_{ASmax,nT}$ , em<br>dormitórios.....                                | 36 |
| Quadro 12: Nível de critério de avaliação – NCA – para ambientes externos.....  | 37 |
| Quadro 13 - Níveis de iluminação natural .....  | 38 |
| Quadro 14: FLD para os diferentes ambientes.....  | 39 |
| Quadro 15 - Níveis de iluminação artificial .....   | 40 |
| Quadro 16: Valores de referência para abertura destinada à ventilação .....   | 67 |

## SUMÁRIO

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>1</b> | <b>INTRODUÇÃO</b> .....  | <b>16</b> |
| 1.1      | PROBLEMÁTICA.....  | 16        |
| 1.2      | OBJETIVO GERAL.....  | 17        |
| 1.3      | OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....  | 18        |
| 1.4      | JUSTIFICATIVA.....   | 18        |
| <b>2</b> | <b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....   | <b>20</b> |
| 2.1      | DESEMPENHO EM EDIFICAÇÕES.....   | 20        |
| 2.2      | DISPOSIÇÕES GERAIS DA NBR 15575 .....  | 22        |
| 2.3      | DESEMPENHO TÉRMICO.....  | 23        |
| 2.3.1    | <b>Exigência de desempenho térmico no verão e no inverno</b> .....                 | <b>25</b> |
| 2.3.2    | <b>Desempenho térmico de sistemas de vedações verticais e coberturas</b>           | <b>26</b> |
| 2.3.3    | <b>Aberturas para ventilação</b> .....   | <b>28</b> |
| 2.3.4    | <b>Isolação térmica da cobertura</b> .....   | <b>29</b> |
| 2.4      | DESEMPENHO ACÚSTICO.....   | 30        |
| 2.4.1    | <b>Desempenho acústico de sistemas de pisos</b> .....                              | <b>31</b> |
| 2.4.2    | <b>Desempenho acústico de sistemas de vedações verticais e coberturas</b><br>..... | <b>32</b> |
| 2.4.3    | <b>Desempenho acústico de sistemas hidrossanitários</b> .....                      | <b>35</b> |
| 2.4.4    | <b>Avaliação do ruído em áreas habitadas</b> .....                                 | <b>36</b> |
| 2.5      | DESEMPENHO LUMÍNICO.....   | 37        |
| 2.5.1    | <b>Iluminação natural</b> .....  | <b>38</b> |
| 2.5.2    | <b>Iluminação artificial</b> .....   | <b>40</b> |
| 2.5.3    | <b>Iluminância de interiores</b> .....   | <b>40</b> |
| <b>3</b> | <b>DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO</b> .....   | <b>42</b> |
| 3.1      | CONJUNTO HABITACIONAL MARAMBAIA .....  | 44        |
| 3.2      | CONJUNTO HABITACIONAL NÁPOLES.....   | 46        |
| <b>4</b> | <b>MÉTODO DE PESQUISA</b> .....  | <b>49</b> |
| <b>5</b> | <b>ANÁLISE DOS RESULTADOS</b> .....  | <b>51</b> |
| 5.1      | DESEMPENHO TÉRMICO.....  | 51        |
| 5.1.1    | <b>Avaliação do desempenho térmico no verão</b> .....                              | <b>52</b> |

|              |   |           |
|--------------|---|-----------|
| 5.1.1.1      | Análise dos resultados .....  | 53        |
| <b>5.1.2</b> | <b>Avaliação de Transmitância Térmica e Capacidade Térmica das paredes externas .....</b>             | <b>54</b> |
| 5.1.2.1      | Análise dos resultados .....  | 58        |
| <b>5.1.3</b> | <b>Avaliação da Absortância à radiação solar das paredes externas .....</b>                           | <b>59</b> |
| 5.1.3.1      | Análise dos resultados .....  | 60        |
| <b>5.1.4</b> | <b>Avaliação da isolamento térmica da cobertura .....</b>   | <b>61</b> |
| 5.1.4.1      | Análise dos resultados .....  | 64        |
| <b>5.1.5</b> | <b>Avaliação das aberturas para ventilação .....</b>  | <b>65</b> |
| 5.1.5.1      | Análise dos resultados .....  | 68        |
| 5.2          | DESEMPENHO ACÚSTICO .....   | 70        |
| <b>5.2.1</b> | <b>Análise dos resultados .....</b>   | <b>74</b> |
| 5.3          | DESEMPENHO LUMÍNICO .....   | 76        |
| <b>5.3.1</b> | <b>Iluminação natural .....</b>   | <b>76</b> |
| 5.3.1.1      | Análise dos resultados .....  | 78        |
| <b>6</b>     | <b>CONCLUSÃO .....</b>  | <b>81</b> |
|              | <b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>   | <b>84</b> |
|              | <b>ANEXO A – TRANSMITÂNCIA TÉRMICA, CAPACIDADE TÉRMICA E ATRASO TÉRMICO PARA ALGUMAS PAREDES.....</b> | <b>89</b> |
|              | <b>ANEXO B – PROJETOS ARQUITETÔNICOS PADRÃO CF 35A E 40GEM.....</b>                                   | <b>93</b> |

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 PROBLEMÁTICA

Desde o surgimento das cidades brasileiras, no século XVII, vivemos a problemática da falta de habitação e consequente proliferação de moradias insalubres, precárias, de má qualidade, mal adaptada às condições climáticas da região, autoconstruídas ou comercializadas (BUENO, 2010).

Segundo SINGER (2002), o crescimento das cidades ocorre na proporção em que o “desenvolvimento das forças produtivas é suficiente, no campo, para permitir que o produtor primário produza mais que o estritamente necessário à sua subsistência”. Historicamente, o aumento da produção nas gigantes fazendas de café, cacau, açúcar, e outras, atendeu à necessidade da população, produziu o excesso e ainda aumentou do fluxo de imigrantes e escravos, daí viu-se o acúmulo de pessoas nas vilas e futuras cidades. São também dessa época os primeiros indícios de déficit na qualidade dos serviços públicos (sistema viário, infraestrutura, equipamentos públicos, etc.), bem como nas condições de moradia (NASCIMENTO; BRAGA, 2009).

Diante da necessidade surgiram dois tipos de habitações, as autoconstruídas e cópias das vistas nos países de onde vinham imigrantes e as habitações no estilo cortiço, em sua maioria insalubre, mas que conferiram rentabilidade à atividade da construção (NASCIMENTO; BRAGA, 2009). Esse processo de urbanização do país reflete, entre outros aspectos, a segregação dos espaços urbanos, onde consideráveis parcelas da população habitam de maneira precária e em áreas impróprias para moradia (BRASIL, 2009).

Se trouxermos a história para realidade atual, segundo pesquisas da Fundação João Pinheiro (2011), em 2008 o déficit habitacional do país correspondia a 5,546 milhões de domicílios, dos quais 83,5% localizado nas áreas urbanas e 89,2% concentrados na faixa de renda mensal de famílias com até dois salários mínimos, considerando os déficits quantitativo e por inadequação (deficiências na qualidade de vida dos moradores) (FJP, 2011). É plausível imaginarmos que essa realidade pode ser trazida de forma agravada ao cenário atual.

Segundo BUENO (2010) “a redução do déficit habitacional brasileiro depende do desenvolvimento de um trabalho consistente na criação de políticas públicas e de projetos para desenvolvimento de habitações de baixo custo e desempenho satisfatório”.

Em Demanda Futura por Moradia 2010-2013 (BRASIL, 2009), os autores defendem que “a moradia é uma necessidade básica do ser humano e deve apresentar adequação para abrigar, permitir acesso e ocupação. Neste sentido, uma habitação adequada deve constar de um espaço protegido de intempéries, com condições favoráveis de salubridade, privacidade e segurança”.

A construção de unidades habitacionais em larga escala, de rápida montagem e baixo custo, demonstra-se problemática no que tange a qualidade e desempenho geral de tais edificações, frequentemente questões qualitativas não são levadas em conta, acabando por distanciar os estudos acadêmicos da realidade construída (BUENO, 2010).

Diante do apanhado histórico e da realidade atual, faz-se necessária a análise de meios e métodos que possam garantir qualidade e minúcia no atendimento às exigências e necessidades dos usuários. Daí surge a NBR 15575: Edificações Habitacionais - Desempenho, revisão da versão publicada em 2008, que busca atender a essas exigências no que se refere ao “comportamento em uso e não na prescrição de como os sistemas são construídos” (NBR 15575, 2013).

## 1.2 OBJETIVO GERAL

O objetivo desse trabalho é aplicar os requisitos e critérios da NBR 15575/2013, nos projetos de edificações atualmente oferecidas pela COHAPAR – Companhia de Habitação do Paraná, a fim verificar o atendimento de, ao menos, as exigências mínimas dos desempenhos térmico, acústico e lumínico, escolhidos nesse trabalho por serem itens representativos para o bom desempenho global da edificação.

### 1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos desse trabalho são:

- Analisar a aplicabilidade da Norma conforme das condições climáticas da região de Curitiba;
- Analisar os projetos e documentos dos padrões de projeto *CF 35A* e *CF 40GEM* da COHAPAR;
- Identificar as causas da não atendimento da Norma, quando houver, e sugerir a aplicação das alterações identificadas como necessárias ao atendimento do objetivo desse trabalho.

### 1.4 JUSTIFICATIVA

A cultura de construir habitações com pouca ou nenhuma atenção às condições de conforto, funcionalidade, manutenibilidade vem desde o *boom* da imigração, nos séculos anteriores, quando o modelo de moradia era nitidamente copiado dos países de onde vinham os imigrantes. No século XVIII, por exemplo, a arquitetura dessas casas atendia perfeitamente ao cenário europeu, falhando ao atender as necessidades locais.

Dentro da mesma problemática, é necessário também atentar-se à diversidade de condições climáticas presentes em cada região do país, sendo assim, um projeto ideal para o Nordeste não atenderia ao desempenho mínimo da edificação se implantado no Sul. Segundo CBIC (2013) “o desempenho da mesma edificação poderá variar de um local para outro e de um ocupante para outro (cuidados diferentes no uso e na manutenção, por exemplo). Ou seja, varia em função das condições de exposição”.

O objetivo da Companhia de Habitação do Paraná – COHAPAR é, por meio de programas habitacionais do governo do Estado, equacionar e resolver o déficit quantitativo de habitações prioritariamente para a população de baixa renda. O caráter qualitativo, porém, fica subestimado se comparado às condições regidas pelo preço e produtividade em massa (BUENO, 2010).

Diante desse cenário, o objeto desse trabalho faz-se necessário para um melhor entendimento e esclarecimento da NBR 15575 (2013) que, por ter sido recém implantada, ainda é passiva de inúmeras dúvidas e dificuldades de aplicação.

Bem como, é de fundamental importância também no entendimento e aplicabilidade dos critérios e requisitos da Norma, visando o bom desempenho térmico, acústico e lumínico, nas habitações de interesse social implantadas na região de Curitiba, vista as condições climáticas da região e as condicionantes de preço inerentes à produção desse tipo de habitação.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 DESEMPENHO EM EDIFICAÇÕES

O estabelecimento do desempenho é comum e internacionalmente pensado por meio da definição de requisitos (qualitativos), critérios (quantitativos ou premissas) e métodos de avaliação que permitam a clara avaliação do atendimento às exigências do usuário, quando em uso da unidade edificada (NBR 15575-1/2013).

Desde a década de 60, nos países desenvolvidos, o desempenho de uma edificação estava associado ao seu comportamento em uso. Os critérios de projetos e as avaliações de sistemas construtivos eram regidos, nos Estados Unidos, pela “Operation Breakthrough”, programa desenvolvido na década de 70 e que em 1977 resultou na publicação de um documento contendo as definições de critérios de desempenho (BORGES, 2010).

Outro passo importante foi a elaboração, em 1984, da ISO 6241 que definiu quatorze requisitos básicos que os *produtos da construção* deveriam atender (SALGADO, 2011), Quadro 01:

| Requisitos do usuário - ISO 6241:1984 |                       |  |
|---------------------------------------|-----------------------|--|
|                                       | Requisitos do usuário | Funções - exemplos   |
| 1                                     | Estabilidade          | Resistência mecânica às ações estáticas e dinâmicas, aos impactos de causa intencional ou acidental<br>Efeitos cíclicos e/ou fadiga<br>Manutenção do seu estado de equilíbrio natural físico-químico, após ações perturbadoras |
| 2                                     | Segurança contra fogo | Riscos de eclosão de fogo e propagação das chamas<br>Efeitos fisiológicos da fumaça e calor<br>Tempos de: alarme, evacuação e sobrevivência  |

|    |                          |   |
|----|--------------------------|---|
| 3  | Segurança ao uso         | Segurança aos agentes agressivos<br>Segurança durante movimentos e circulações<br>Segurança contra intrusões nas áreas comuns   |
| 4  | Estanqueidade            | Estanqueidade à água<br>Estanqueidade ao ar, gás, poeira, fumaça, som, luz, e outros  |
| 5  | Conforto higrotérmico    | Controle de temperatura do ar, radiação térmica, velocidade do ar e umidade relativa<br>Controle das condensações   |
| 6  | Pureza e qualidade do ar | Ventilação adequada do ar<br>Controle de odores<br>Cuidados com a pureza do ar  |
| 7  | Conforto acústico        | Controle de ruídos externos e internos<br>Isolamento acústico dentro dos níveis exigidos e necessários<br>Inteligibilidade do som<br>Tempo de reverberação admissível   |
| 8  | Conforto tátil           | Propriedades das superfícies<br>Possibilidade de dissipação de descarga de eletricidade estática  |
| 9  | Conforto visual          | Provisão ou controle da luz natural e artificial<br>Possibilidade de escurecimento<br>Insolação<br>Iluminação requisitada, liberdade para a claridade, contraste de iluminação e estabilidade da luz<br>Aspectos dos espaços e superfícies quanto a: cor, textura, regularidade e homogeneidade<br>Contato visual com o mundo externo e interno |
| 10 | Conforto antropodinâmico | Limitação e aceleração ou vibração de objetos<br>Conforto de uso do espaço em áreas com vento intenso<br>Aspectos do desenho relativos à resistência humana, agilidade, maneabilidade e ergonomia<br>Facilidade de movimentos<br>Habilidade manual na operação de portas, janelas e controle de equipamentos                                    |
| 11 | Higiene                  | Facilidade, cuidados com a limpeza do ambiente<br>Cuidado com a higiene pessoal<br>Abastecimento de água<br>Purificação de água, do ar<br>Limitação de materiais e substâncias contaminantes  |

Quadro 1 - Requisitos do Usuário  
Fonte: ISO 6241:1984, adaptada pelo autor

O edifício, tido como produto, ao ser submetido ao uso deve apresentar características que o capacitem a cumprir as funções para as quais foi pensado

(BORGES, 2010), ao mesmo tempo em que está sujeito à inúmeras ações derivadas não só da utilização como da sua concepção em projeto (SALGADO,2011).

Por fim, sendo *desempenho* quase que sinônimo de *comportamento em uso* e a edificação o *produto* a ser utilizado, Gibson (1982 *apud* BORGES 2010) diz que “A abordagem de desempenho é, primeiramente e acima de tudo, a prática de se pensar em termos de fins, e não de meios. A preocupação é com os requisitos que a construção deve atender e não com a prescrição de como deve ser construída”.

## 2.2 DISPOSIÇÕES GERAIS DA NBR 15575

Originalmente a NBR 15575, transcrita em 2008, foi idealizada pela Caixa Econômica Federal e concebida para guiar a análise qualitativa de edifícios de interesse social (TAMAKI, 2010).

A NBR 15575/2013: Edificações habitacionais – desempenho, reescrita a partir da anterior, diferencia-se substancialmente das outras. A nova Norma não trata de sistemas construtivos ou materiais, sua atenção é para o comportamento global do desempenho (BORGES, 2011).

Para definir os requisitos, critérios e métodos de avaliação de desempenho a Norma lista as principais exigências gerais dos usuários, antes subjetivas, e agora com parâmetros técnicos determinados (TAMAKI, 2010). Considera-se que, atendendo a todas as disposições estabelecidas no conjunto normativo, para todos os efeitos, “estejam satisfeitas as exigências do usuário” (NBR15575-1/2013), são elas:

- Segurança:
  - Segurança estrutural;
  - Segurança contra fogo;
  - Segurança no uso e na operação;
- Habitabilidade:
  - Estanqueidade;
  - Desempenho térmico;
  - Desempenho acústico;
  - Desempenho lumínico;
  - Saúde, higiene e qualidade do ar;

- Funcionalidade e acessibilidade;
- Conforto tátil e antropodinâmico;
- Sustentabilidade:
  - Durabilidade;
  - Manutenibilidade;
  - Impacto Ambiental.

Para todos os critérios e requisitos dispostos na Norma foi estabelecido um patamar mínimo de desempenho (**M**) que deve ser obrigatoriamente considerado e atendido, levando em conta as necessidades básicas de segurança, saúde, higiene e de economia. (NBR15575-1, 2013). Os valores relativos aos níveis de desempenho intermediário (**I**) e superior (**S**) são dispostos nos anexos de cada parte da NBR 15575, sendo de atendimento facultativo.

### 2.3 DESEMPENHO TÉRMICO

Além da subjetividade ligada à satisfação ou insatisfação do usuário no que diz respeito à qualidade térmica do ambiente, existem ainda tantas outras variáveis atuando no cenário. O desempenho térmico de uma edificação depende de inúmeras características observadas tanto no cenário externo à obra quanto na própria edificação, por exemplo, topografia, temperatura e umidade do ar, velocidade e direção do vento ou, materiais utilizados, número de pavimentos, dimensões, pé direito, implantação, e outros (CBIC, 2013).

É relevante frisar a importância do desempenho térmico em edificações, principalmente nas de baixa renda. “Uma edificação projetada para o clima no qual está inserida torna-se confortável, além de economizar energia” (SIQUEIRA, *et al*, 2005).

Segundo a NBR 15575-1 (2013), a edificação deve apresentar características que atendam às exigências da zona bioclimática, conforme delimitação da Figura 1:

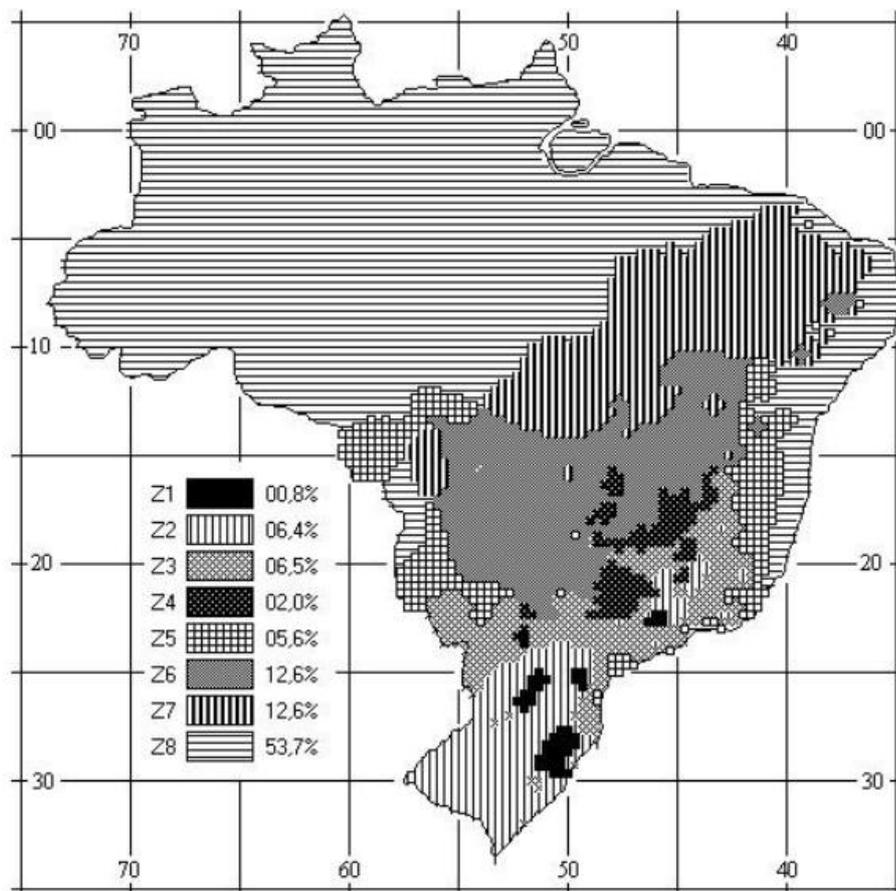


Figura 1- Mapa das zonas bioclimáticas brasileiras  
Fonte: NBR 15575-1/2013

Para avaliar o comportamento térmico de uma edificação faz-se necessário conhecer estas características bioclimáticas, a intenção é observar a resposta global do projeto arquitetônico proposto em relação às trocas térmicas entre o ambiente construído e o ambiente externo (SIQUEIRA, *et al* , 2005).

O Paraná, objeto de interesse desse trabalho, engloba quatro das oito zonas: Z1, Z2, Z3 e Z5 no litoral sul; especificamente Curitiba está localizada na Z1.

Segundo SPANNENBERG (2006), a diversidade das condicionantes que envolvem a análise do desempenho térmico permite a aplicação de métodos muito flexíveis. Na literatura é possível encontrar métodos de avaliação que vão desde medições físicas em protótipos, unidades prontas ou modelos, até simulação computacional, por essa última, segundo KRUGER (2000), é possível evitar a construção de ambientes termicamente desconfortáveis ainda na fase de projeto, podendo assim, reduzir ou modificar o consumo energético da edificação.

Para avaliação do desempenho térmico, a NBR 15575-1 (2013) dispõe de dois procedimentos de análise:

- Procedimento 1 – Simplificado: verificar o atendimento aos requisitos dispostos na NBR 15575-4 (adequação de paredes externas e aberturas para ventilação) e na NBR 15575-5 (isolação térmica da cobertura). Considerando a possibilidade de avaliação pela simulação computacional nos casos em que a Transmitância Térmica e a Capacidade Térmica resultem em níveis insatisfatórios.
  - Simulação computacional: utilização do *software* EnergyPlus para determinação do comportamento térmico das edificações quando expostas à condições climáticas dinâmicas.
- Procedimento 2 – Medição *in loco* em edificações construídas ou em protótipos (1:1) construídos para essa finalidade. Esse método tem caráter informativo e não substitui o anterior.

A realização do Procedimento 1 é condicionada aos procedimentos apresentados na NBR 15220/2003 para cálculo de Transmitância Térmica ( $U$ ) e Capacidade Térmica ( $CT$ ) das paredes externas e cobertura.

Para realização do Procedimento 2, a NBR 15575-1 (2013) orienta que deve ser utilizado medidor do tipo bulbo seco, utilizado no centro dos quartos e salas, à 1,20m de altura em relação ao piso, em unidade habitacional isolada ou em unidades (uma ou mais, quando em conjunto) que atendam aos requisitos:

- Verão: janela do quarto ou sala voltada a oeste e outra parede a norte;
- Inverno: janela do quarto ou sala de estar voltada ao sul e outra parede a norte;
- Pelo menos uma unidade do último andar;
- Caso os requisitos anteriores não sejam atendidos, selecionar unidades habitacionais com o maior número de paredes expostas e mais próximo possível dos requisitos.

### **2.3.1 Exigência de desempenho térmico no verão e no inverno.**

Para análise do conforto térmico no verão, a NBR 15575-1 (2013) estabelece que a habitação deve “apresentar condições térmicas no interior do edifício melhores ou iguais às do ambiente externo, à sombra”.

Para o nível mínimo (M) de desempenho, fica estabelecido na NBR 15575-1 (2013) que a temperatura máxima observada no interior dos ambientes de permanência prolongada – salas e dormitórios, sem a presença de fontes internas de calor (ocupantes, lâmpadas, outros equipamentos em geral) devem ser menor ou igual ao valor máximo diário da temperatura do ar exterior, para todas as Zonas Bioclimáticas:

$$T_{i,m\acute{a}x} \leq T_{e,m\acute{a}x}$$

Enquanto que, a mesma análise para dias típicos de inverno, estabelece que a temperatura mínima observada no interior dos ambientes de permanência prolongada, devem ser maior ou igual à temperatura mínima externa + 3 graus Celsius (NBR 15575-1, 2013):

$$T_{i,min} \geq (T_{e,min} + 3^{\circ}\text{C}).$$

### 2.3.2 Desempenho térmico de sistemas de vedações verticais e coberturas

A melhor adequação das paredes externas da edificação está atrelada aos níveis máximos de Transmitância Térmica (U) e Absortância à radiação solar, e mínimos de Capacidade Térmica (CT), todos limitados conforme os Quadros 2 e 3 NBR 15575-4 (2013) e calculados conforme a NBR 15220-2 (2003):

| Transmitância Térmica U   |                         |                  |
|---|-------------------------|------------------|
| W/m <sup>2</sup> .K   |                         |                  |
| Zonas 1 e 2   | Zonas 3, 4, 5, 6, 7 e 8 |                  |
| $U \leq 2,5$  | $\alpha^a \leq 0,6$     | $\alpha^a > 0,6$ |
|   | $U \leq 3,7$            | $U \leq 2,5$     |
| <sup>a</sup> $\alpha$ é absortância à radiação solar da superfície externa da parede. |                         |                  |

Quadro 2 - Transmitância Térmica de paredes externas  
Fonte: NBR 15575-4/2013

| Capacidade térmica (CT) |                           |
|-------------------------|---------------------------|
| kJ / m <sup>2</sup> .K  |                           |
| Zona 8                  | Zonas 1,2, 3, 4, 5, 6 e 7 |
| Sem exigência           | $\geq 130$                |

Quadro 3 - Capacidade Térmica de paredes externa  
Fonte: NBR 15575-4/2013

Segundo CBIC (2013), “caso ocorram simultaneamente  $U \leq U_{\text{limite}}$  e  $CT \geq CT_{\text{limite}}$ , considera-se que a parede atende ao nível Mínimo de desempenho.” O não atendimento dessas condições implica na realização dos Procedimentos 1 (análise computacional) e 2 descritos anteriormente.

No caso da Absortância à radiação solar, segundo a NBR 15220-2 (2003), os valores estão atrelados à condição e tipo de superfície externa da parede, inclusive a cor, porém, segundo SANTOS, DORNELLES e SOUZA (2010) a obtenção de valores exatos para tonalidade e textura instiga a necessidade de testes de laboratório, dada a importância do manuseio desses dados, por exemplo, na classificação de edifícios tidos como sustentáveis. Os valores de referência de Absortância à radiação solar estão expostos no Quadro 4:

| Tipo de superfície                          |              | $\alpha$    |
|---|--------------|-------------|
| Chapa de alumínio (nova e brilhante)        |              | 0,05        |
| Chapa de alumínio (oxidada)                 |              | 0,15        |
| Chapa de aço galvanizada (nova e brilhante) |              | 0,25        |
| Calação nova                                |              | 0,12 / 0,15 |
| Concreto aparente                           |              | 0,65 / 0,80 |
| Telha de barro                              |              | 0,75 / 0,80 |
| Tijolo aparente                             |              | 0,65 / 0,80 |
| Reboco claro                                |              | 0,30 / 0,50 |
| Revestimento asfáltico                      |              | 0,85 / 0,98 |
| Vidro incolor                               |              | 0,06 / 0,25 |
| Vidro colorido                              |              | 0,40 / 0,80 |
| Vidro metalizado                            |              | 0,35 / 0,80 |
| Pintura:                                    | Branca       | 0,20        |
|   | Amarela      | 0,30        |
|   | Verde clara  | 0,40        |
|   | “Alumínio”   | 0,40        |
|   | Verde escura | 0,70        |
|   | Vermelha     | 0,74        |
|   | Preta        | 0,97        |

Quadro 4: Absortância à radiação solar conforme tipos de superfície  
Fonte: NBR 15220-2 (2003)

A partir de pesquisas realizadas em sete zonas bioclimáticas do Brasil, CARLO (2008 *apud* RORIZ, CHAVTAL e CAVALCANTI, 2009), concluiu que “a transmitância eleva o consumo de energia em edificações com baixas cargas internas, mas pode reduzi-lo quando estas cargas são mais altas”. Em outras palavras, no inverno, paredes mais isoladas resultam em maior economia de energia gasta com aquecimento, com maior resistência térmica as perdas de calor para o exterior são reduzidas, porém no verão, em alguns casos, a mesma situação

provoca aumento da temperatura interna e conseqüente aumento de energia gasta com resfriamento CARLO (2008 *apud* RORIZ, CHAVTAL e CAVALCANTI, 2009).

O valor de Transmitância Térmica ( $U$ ), segundo a NBR 15220-2(2003), é determinado pela expressão:

$$U = 1/R_T$$

Onde  $R_T$  = Resistência térmica total (ou de ambiente a ambiente) obtida pela soma das resistências térmicas de superfície a superfície ( $R_t$ ), superficial interna ( $R_{si}$ ) e superficial externa ( $R_{se}$ ):

$$R_T = R_t + R_{si} + R_{se}$$

Ainda segunda a NBR 15220-2(2003), a Capacidade Térmica ( $CT$ ) de um componente é expressa por:

$$C_T = \sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot R_i \cdot c_i \cdot \rho_i = \sum_{i=1}^n e_i \cdot c_i \cdot \rho_i$$

Onde:

$\lambda_i$  = condutividade térmica do material da camada;

$R_i$  = resistência térmica da camada;

$c_i$  = calor específico do material da camada;

$\rho_i$  = densidade da massa aparente do material da camada;

$e_i$  = espessura da camada.

No Anexo A são apresentados valores de Transmitância Térmica ( $U$ ) e Capacidade Térmica ( $CT$ ) para as tipologias construtivas mais usuais conforme NBR 15220 (2003).

Os cálculos aplicados às edificações estudadas nesse trabalho serão demonstrados no item 5.1.2.

### 2.3.3 Aberturas para ventilação

Segundo RORIZ, CHAVTAL e CAVALCANTI (2009), para reduzir custos energéticos e elevar o conforto de verão e de inverno, paredes mais isoladas devem ser dotadas de opções de controle térmico por aberturas e anteparos solares.

Conforme a NBR 15575-4 (2013), ambientes de longa permanência (salas e quartos) e cozinhas, devem apresentar aberturas para ventilação com dimensões que atendam à legislação vigente no local da obra, geralmente verificada pela seguinte relação:

$$A = 100 \cdot \frac{A_A}{A_p} \quad (\%)$$

Onde:

$A_A$ : é a área efetiva de ventilação do ambiente, considerando apenas aberturas que permitam a livre circulação de ar, descontadas as áreas de perfis, vidros e obstáculos, ou seja, toda a área aberta resultante do deslocamento da folha móvel; e

$A_p$ : é a área de piso do ambiente.

Caso não haja legislação específica, a Norma dispõe que sejam atendidos os critérios mínimos conforme a zona bioclimática (NBR 15575-4,2013):

- Zonas 1 a 7 :  $A \geq 7\%$ ; sendo que, exceto na Zona 7, as áreas de ventilação devem obrigatoriamente ser passíveis de vedação durante o período de frio;
- Zona 8:  $A \geq 12\%$  na região Norte do Brasil, e  $A \geq 8\%$  na região Nordeste.

### 2.3.4 Isolação térmica da cobertura

As coberturas devem apresentar Transmitância Térmica ( $U$ ) e Absortância à radiação solar ( $\alpha$ ) tal, a fim de que seja proporcionado um desempenho térmico adequado para cada zona bioclimática (NBR 15575-5,2013), os valores para Transmitância Térmica são expostos no Quadro 5:

| Transmitância térmica ( $U$ )<br>W/m <sup>2</sup> K  |                   |                |                   |                 |
|--|-------------------|----------------|-------------------|-----------------|
| Zonas 1 e 2  | Zonas 3 a 6       |                | Zonas 7 e 8       |                 |
| $U \leq 2,30$  | $\alpha \leq 0,6$ | $\alpha > 0,6$ | $\alpha \leq 0,4$ | $\alpha > 0,4$  |
|  | $U \leq 2,3$      | $U \leq 1,5$   | $U \leq 2,3$ FV   | $U \leq 1,5$ FV |
| <p><math>\alpha</math> é absortância à radiação solar da superfície externa da cobertura.<br/>           NOTA O fator de ventilação (FV) é estabelecido na ABNT NBR 15220-2.</p> |                   |                |                   |                 |

Quadro 5 - Critérios de Transmitância Térmica para coberturas  
 Fonte: NBR 15575-5/2013

Sendo que a Absortância à radiação solar ( $\alpha$ ) varia em função da cor, e é dada, e a transmitância ( $U$ ) é calculada conforme a demonstração anterior.

Segundo CBIC (2013), caso  $U$  esteja contido no intervalo entre 0,5 e 2,3 W/m<sup>2</sup>K, a cobertura poderá ser classificada nos níveis **M**, **I** e **S** conforme a zona bioclimática e a sua Absortância à radiação solar, já se  $U$  supere 2,3 W/m<sup>2</sup>K será necessária avaliar detalhadamente o caso, conforme os procedimentos 1 e 2 citados.

A partir de experimentos feitos, VECCHIA (1998) afirma que as conclusões “indicam a necessidade primordial de adicionar subcoberturas, forros ou outros dispositivos de isolamento térmico para barrar as trocas de calor, especialmente na reação frente ao calor”, no caso de reação frente ao frio, o mesmo autor indica a “necessidade de utilização de subcoberturas, forros ou dispositivos de proteção em relação às perdas térmicas noturnas”, denominadas *radiação noturna*.

Nesse mesmo sentido, a NBR 15575-5 (2013) especifica que na subcobertura “podem ser incorporadas películas reflexivas ou isolantes, com a finalidade de melhorar o desempenho térmico da cobertura”.

## 2.4 DESEMPENHO ACÚSTICO

Para garantir o conforto das edificações habitacionais a NBR 15575 (2013) dispõe de critérios para que haja isolação acústica nos diversos sistemas da edificação habitacional, considerando fontes de ruído entre ambientes, entre o exterior e o interior e entre unidades.

Segundo CBIC (2013), o desempenho acústico de áreas de permanência prolongada, tais como dormitórios, depende de uma série de fatores construtivos e de cuidados que podem ser tomados no próprio projeto de arquitetura, por exemplo:

- Evitar que dormitórios estejam localizados ao lado de poços de elevadores, escadas de uso comum e prumadas hidráulicas;
- Utilização de artifícios (por exemplo, preenchimento dos blocos vazados com argamassa) para maior isolação acústica das vedações em casos em que a melhor disposição dos cômodos seja impossibilitada;
- Adoção de *shafts* isolados acusticamente;

- Revestimento de tubulações com isolantes e absorvedores acústicos (mantas de polietileno, sacos de estopa, gesso, e outros);
- Utilização de tubos plásticos, tubulações metálicas flexíveis, amortecedores e apoios antivibratórios em equipamentos de grande porte, como por exemplo máquinas de ar condicionado e aquecedores à gás, afim de que as vibrações não sejam passadas à estrutura.

#### 2.4.1 Desempenho acústico de sistemas de pisos

No caso da verificação de pisos, principalmente entre unidades autônomas de edifícios, deve ser verificada a isolação por impacto (queda de material, caminhar e outros) e a isolação de ruídos aéreos (conversas, sons de aparelhos eletrodomésticos e outros) (CBIC, 2013).

Os níveis mínimos de desempenho acústico devem atender aos valores dispostos nos Quadros 6 e 7, para isolação por impacto e de ruídos aéreos respectivamente:

| Elemento   | $L'_{nT,w}$<br>dB |
|--|-------------------|
| Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas posicionadas em pavimentos distintos  | ≤80               |
| Sistema de piso de áreas de uso coletivo (atividades de lazer e esportivas, como home theater, salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas) sobre unidades habitacionais autônomas | ≤55               |

Quadro 6 - Critério e nível de pressão sonora de impacto padrão ponderado,  $L'_{nT,w}$   
Fonte: NBR 15575-3/2013

| Elemento  | $D_{nT,w}$<br>dB |
|---|------------------|
| Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas de áreas em que um dos recintos seja dormitório  | ≥45              |
| Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas de áreas comuns de trânsito eventual, como corredores e escadaria nos pavimentos, bem como em pavimentos distintos   | ≥40              |
| Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas de áreas comuns de uso coletivo, para atividades de lazer e esportivas, como home theater, salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas | ≥45              |

Quadro 7 - Critérios de diferença padronizada de nível ponderado,  $D_{nT,w}$   
Fonte: NBR 15575-3/2013

Segundo CBIC (2013), para lajes de concreto armado com espessura de 10cm em osso, a isolação acústica corresponde a cerca de 48dB, para atender níveis superiores de desempenho é necessário no mínimo 15cm.

#### 2.4.2 Desempenho acústico de sistemas de vedações verticais e coberturas

Para as vedações verticais são feitas verificações que contemplam o isolamento acústico entre o meio interno e externo, entre unidades autônomas e entre ambientes de uma unidade autônoma (dependências e área comum) (NBR 15575-4/2013). Para fins desse trabalho serão analisados os requisitos cuja verificação possa ser feita pelos métodos de medição em campo, conforto a metologia descrita na NBR 10151 (2000), descrita mais a frente.

Para vedações externas (fachada e cobertura no caso de casas térreas e sobrados, e somente fachada no caso de edifícios), com portas e janelas fechadas, a atenuação acústica entre o ruído externo e a intensidade sonora interna (CBIC, 2013), em áreas de dormitório, devem ser limitados aos valores demonstrados no Quadro 8, conforme NBR 15575-4 (2013):

| Classe de ruído   | Localização da habitação   | $D_{2m,nT,w}$ [dB] |
|---|--|--------------------|
| I   | Habitação localizada distante de fontes de ruído intenso de quaisquer naturezas.                                 | $\geq 20$          |
| II  | Habitação localizada em áreas sujeitas a situações de ruído não enquadráveis nas classes I e III                 | $\geq 25$          |
| III   | Habitação sujeita a ruído intenso de meios de transporte e de outras naturezas, desde que conforme a legislação. | $\geq 30$          |
| <p>Nota 1: Para vedação externa de salas, cozinhas, lavanderias e banheiros, não há exigências específicas.</p> <p>Nota 2: Em regiões de aeroportos, estádios, locais de eventos esportivos, rodovias e ferrovias há necessidade de estudos específicos</p> |  |                    |

Quadro 8 - Diferença padronizada de nível ponderada,  $D_{2m,nT,w}$ , da vedação externa de dormitórios, para ensaio de campo  
Fonte: NBR 15575-4/2013.

Sendo  $D_{2m,nT,w}$ : diferença padronizada de nível ponderada a 2m.

Segundo CBIC (2013), a respeito da isolação de paredes de alvenaria de blocos vazados, é dito que:

“além da geometria e massa da parede, interferem na isolação acústica a disposição e formato dos furos, rugosidade superficial do material, etc, podendo ocorrer fenômenos internos de absorção, reverberação e outros, o que implica praticamente na impossibilidade de se prever a transmitância ou a isolação acústica de uma dessas paredes por meio de fórmulas matemáticas”.

No caso de vedações verticais internas, entre ambientes, o desempenho mínimo deve atender ao Quadro 9 (NBR 15575-4/2013):

| Elemento   | $D_{nT,w}$<br>[dB] |
|--|--------------------|
| Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), nas situações onde não haja ambiente dormitório   | $\geq 40$          |
| Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), caso pelo menos um dos ambientes seja dormitório  | $\geq 45$          |
| Parede cega de dormitórios entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, como corredores e escadaria nos pavimentos  | $\geq 40$          |
| Parede cega de salas e cozinhas entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual como corredores e escadaria dos pavimentos  | $\geq 30$          |
| Parede cega entre uma unidade habitacional e áreas comuns de permanência de pessoas, atividades de lazer e atividades esportivas, como <i>home theater</i> , salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas | $\geq 45$          |
| Conjunto de paredes e portas de unidades distintas separadas pelo hall ( $D_{nT,w}$ obtida entre as unidades).   | $\geq 40$          |

Quadro 9 - Diferença padronizada de nível ponderada entre ambientes,  $D_{nT,w}$ , para ensaio de campo  
Fonte: NBR 15575-4/2013

Sendo  $D_{nT,w}$ : diferença padronizada ponderada.

Segundo CBIC (2013), são fontes de diminuição do desempenho acústico das vedações verticais nas edificações:

- Pequenas frestas;
- Adoção de juntas secas nas alvenarias (ausência de argamassa nas juntas verticais entre blocos);
- Irregularidade ou falta de adensamento do material das juntas e encunhamentos;
- Janelas com vedação inadequada entre folhas fixas e folhas móveis;
- Falha no rejuntamento entre paredes e caixilhos;

A peculiaridade na isolamento dos sistemas de cobertura é a dificuldade de utilização de telhas e vedações de grande massa, o que traria considerável aumento de carga à estrutura. Segundo CBIC (2013), a isolamento desse tipo de som é regida pela Lei das Massas, quanto mais pesada a vedação, maior será a isolamento acústica.

Para os sistemas usuais de paredes, o guia da CBIC (2013) trás valores indicativos de isolamento sonora para alguns tipos de paredes, apresentados no Quadro 10:

| Tipo de parede                     | Largura do bloco/tijolo | Revestimento                  | Massa aproximada      | R <sub>w</sub> (dBA) |
|------------------------------------|-------------------------|-------------------------------|-----------------------|----------------------|
| Blocos vazados de concreto         | 9 cm                    | Argamassa 1,5 cm em cada face | 180 kg/m <sup>2</sup> | 41                   |
|                                    | 11,5 cm                 |                               | 210 kg/m <sup>2</sup> | 42                   |
|                                    | 14 cm                   |                               | 230 kg/m <sup>2</sup> | 45                   |
| Blocos vazados de cerâmica         | 9 cm                    | Argamassa 1,5 cm em cada face | 120 kg/m <sup>2</sup> | 38                   |
|                                    | 11,5 cm                 |                               | 150 kg/m <sup>2</sup> | 40                   |
|                                    | 14 cm                   |                               | 180 kg/m <sup>2</sup> | 42                   |
| Tijolos maciços de barro cozido*   | 11 cm                   | Argamassa 2 cm em cada face   | 260 kg/m <sup>2</sup> | 45                   |
|                                    | 15 cm                   |                               | 320 kg/m <sup>2</sup> | 47                   |
|                                    | 11 + 11 cm**            |                               | 450 kg/m <sup>2</sup> | 52                   |
| Paredes maciças de concreto armado | 5 cm                    | Sem revestimento              | 120 kg/m <sup>2</sup> | 38                   |
|                                    | 10 cm                   |                               | 240 kg/m <sup>2</sup> | 45                   |
|                                    | 12 cm                   |                               | 290 kg/m <sup>2</sup> | 47                   |
| Drywall                            | 2 chapas + lâ de vidro  | Sem revestimento              | 22 kg/m <sup>2</sup>  | 41                   |
|                                    | 4 chapas                |                               | 44 kg/m <sup>2</sup>  | 45                   |
|                                    | 4 chapas + lâ de vidro  |                               | 46 kg/m <sup>2</sup>  | 49                   |

Quadro 10 - Valores indicativos do índice de redução sonora ponderado para alguns sistemas de paredes

Fonte: IPT, Unicamp, SOBRAC, Universidade de Coimbra (*apud* CBIC, 2013), adaptada pelo autor

Ainda segundo CBIC (2013) os valores apresentados referem-se a alvenarias com juntas horizontais e verticais preenchidas por argamassa convencional, podendo variar conforme a geometria dos blocos e direção dos furos.

### 2.4.3 Desempenho acústico de sistemas hidrossanitários

No quesito de sistemas hidrossanitários, a NBR 15575-6 (2013) apresenta parâmetros não obrigatórios de desempenho acústico obtido durante a operação de equipamentos hidrossanitários, se instalados em dependências vizinhas aos dormitórios.

São ruídos produzidos em prumadas coletivas de água e esgoto, válvulas de descarga e outros equipamentos acionados diariamente em apartamentos vizinhos, os equipamentos da própria unidade habitacional bem como equipamentos com acionamento em caso de emergência, não são considerados (CBIC, 2013).

Os níveis de pressão sonora máxima ( $L_{ASmax,nT}$ ) em dormitórios dispostos na NBR 15575-6 (2013) estão no Quadro 11:

| $L_{ASmax,nT}$ [dB(A)] | Nível de desempenho |
|------------------------|---------------------|
| $\leq 36$              | S                   |
| $\leq 39$              | I                   |
| $\leq 42$              | M                   |

Quadro 11 - Valores máximos do nível de pressão sonora máximo,  $L_{ASmax,nT}$ , em dormitórios  
Fonte: NBR 15575-6/2013

#### 2.4.4 Avaliação do ruído em áreas habitadas

A metodologia para avaliação dos níveis de ruído em áreas habitadas, bem como os valores limítrofes para obtenção de conforto acústico e/ou níveis saudáveis de exposição ao som, estão estabelecidos em duas normas específicas a NBR 10151 (2000) e a NBR 10152 (1987).

O método de avaliação proposto, para medições no interior da edificação, “envolve as medições do nível de pressão sonora equivalente ( $L_{Aeq}$ )”, valor esse obtido diretamente pela leitura do equipamento ou pelo cálculo, também disposto na NBR 10151 (2000):

$$L_{Aeq} = 10 \log \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{\frac{L_i}{10}}$$

Onde:

$L_i$  = nível de pressão sonora, em dB, lido em resposta rápida (fast) a cada 5s, durante o tempo de medição do ruído;

$n$  = é o número total de leituras.

Para os casos onde existam ruídos com características especiais, do tipo ruídos impulsivos (marteladas, bate-escada, tiros, explosões ou ruídos com picos de energia) ou ruídos com componentes tonais (apitos e zumbidos constantes), os valores obtidos nas medições são submetidos às correções, obtem-se daí o  $L_C$  : nível corrigido, valor esse que deve comparado ao nível de critério de avaliação – NCA (NBR 10151/2000).

O NCA – nível de critério de avaliação, a ser comparado com o  $L_{Aeq}$ , para ambientes externos, está exposto no Quadro 12, conforme cada tipo de área

residencial. Os mesmos valores, para ambientes internos, devem ser subtraídos de - 10 dB quando medidos com janelas abertas e -15 dB quando medidos com janelas fechadas (NBR 10151/2000).

| Tipos de áreas   | Diurno | Noturno |
|--|--------|---------|
| Áreas de sítios e fazendas   | 40     | 35      |
| Área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas | 50     | 45      |
| Área mista, predominantemente residencial                          | 55     | 50      |
| Área mista, com vocação comercial e administrativa                 | 60     | 55      |
| Área mista, com vocação recreacional                               | 65     | 55      |
| Área predominantemente industrial                                  | 70     | 60      |

Quadro 12: Nível de critério de avaliação – NCA – para ambientes externos  
Fonte: NBR 10151/2000

Para fins de análise, a NBR 10152 (1987) transcreve mais especificamente os valores de nível de pressão sonora, em dB, para residências:

- Dormitórios: 35 - 45
- Salas de estar: 40 - 50

Sendo que, o valor inferior da faixa representa o nível sonoro para obtenção de conforto acústico, enquanto que, o valor superior indica o nível sonoro aceitável, níveis superiores a esse são traduzidos em desconforto, sem necessariamente representar risco ou dano à saúde (NBR 10152/1987).

## 2.5 DESEMPENHO LUMÍNICO

Segundo SPANNENBERG (2006), a iluminação, tanto em quantidade quanto em qualidade, é fundamental para a boa percepção visual dos ambientes, execução das tarefas e necessidades biológicas e psicológicas do ser humano. A percepção de intensidades diferentes de luz, sombras e cores, atua diretamente sobre o funcionamento do dito “relógio-biológico” humano, sendo que, segundo LAMBERTS *et al* (2004, *apud* SPANNENBERG, 2006) nesse caso a luz natural é significativamente superior à luz artificial.

A análise quantitativa do desempenho lumínico pode ser feita através de simulações, conforme cada época do ano, ou análise *in loco* (NBR 15575-1), sendo que, em ambos os casos é importante considerar que os seguintes fatores:

“a distribuição da luz no interior dos ambientes é resultado da disponibilidade da luz natural, de obstruções externas, do tamanho, orientação e posição das aberturas, das características dos vidros, do tamanho e geometria do ambiente e também da refletividade das superfícies internas. Também a iluminação da abóboda celeste o ângulo de incidência da luz, a cor utilizada no ambiente e a cor e natureza dos vidros das esquadrias influenciam na eficiência da luz natural. A orientação das fachadas ou azimute de implantação dos ambientes, além da forma e possibilidade de aberturas de casa ambiente são fatores que podem contribuir ou não para o conforto luminoso e também do projeto”. (GRAÇA *et al*, 2001 *apud* SPANNENBERG, 2006).

### 2.5.1 Iluminação natural

A NBR 15575-1 (2013) especifica os níveis mínimos de iluminação natural que devem entrar nos diferentes ambientes da edificação, vinda direta ou indiretamente do exterior e levantada por meio de simulações feitas para as 9:30h e 15:30h dos dias 23 de abril e 23 de outubro, Quadro 13:

| Dependência  | Iluminância geral (lux) para o nível mínimo de desempenho M |
|--|---|
| Sala de estar;<br>Dormitório;<br>Copa / cozinha;<br>Área de serviço.   | ≥ 60  |
| Banheiro;<br>Corredor ou escada interna à unidade;<br>Corredor de uso comum (prédios);<br>Escadaria de uso comum (prédios);<br>Garagens/estacionamentos  | Não exigido   |
| <p>* Valores mínimos obrigatórios, conforme método de avaliação 13.2.2.</p> <p>NOTA: Para os edifícios multipiso, admitem-se para as dependências situadas no pavimento térreo ou em pavimentos abaixo da cota da rua níveis de iluminância ligeiramente inferiores aos valores especificados na tabela acima (diferença máxima de 20% em qualquer dependência).</p> <p>NOTA 2: Os critérios desta Tabela não se aplicam às áreas confinadas ou que não tenham iluminação natural.</p> <p>NOTA 3: Deve-se verificar e atender as condições mínimas exigidas pela legislação local.</p> |   |

Quadro 13 - Níveis de iluminação natural  
Fonte: NBR 15575-1/2013

Para atendimento do nível de exigência I o iluminamento mínimo deve ser superior à 90 lux para primeiro grupo de ambientes e 30 lux para o segundo grupo,

já para nível **S** o iluminamento deve atingir 120 e 45 lux, respectivamente (CBIC, 2013).

Segundo CBIC (2013), a respeito dos recursos para obtenção de melhor desempenho lumínico, é recomendada a utilização de cores claras em tetos e paredes e de maiores áreas envidraçadas, tomando o cuidado no entanto, de não afetar o desempenho térmico do ambiente.

A partir da medição *in loco*, a resultante do iluminamento poderá ser dada pelo FLD – Fator de Iluminação Diurna, a ser obtido com base em medições feitas entre as 9h e 15h, no centro dos ambientes, a 75cm do piso e em dias com 50% de nuvens sem ocorrência de precipitações. Mesmo as medições de iluminância externa deve ser feita a sombra, nunca sob incidência de luz solar direta sobre o sensor do luxímetro (NBR 15575-1/2013). Os valores de FLD limitados pela Norma, para dormitórios, sala, cozinha e área de serviço, no nível **M** de desempenho, é estão descritos no Quadro 14:

| Dependência  | FLD (%) para o nível mínimo de desempenho M |
|--|---|
| Sala de estar;<br>Dormitório;<br>Copa / cozinha;<br>Área de serviço.   | ≥ 0,50%                                     |
| Banheiro;<br>Corredor ou escada interna à unidade;<br>Corredor de uso comum (prédios);<br>Escadaria de uso comum (prédios);<br>Garagens/estacionamentos  | Não exigido                                 |
| <p>* Valores mínimos obrigatórios, conforme método de avaliação 13.2.4.</p> <p>NOTA 1: Para os edifícios multipiso, admitem-se para as dependências situadas no pavimento térreo ou em pavimentos abaixo da cota da rua níveis de iluminância ligeiramente inferiores aos valores especificados na tabela acima.</p> <p>NOTA 2: Os critérios desta Tabela não se aplicam às áreas confinadas ou que não tenham iluminação natural.</p> |   |

Quadro 14: FLD para os diferentes ambientes.  
Fonte: NBR 15575-1/2013

A respeito das premissas de projeto a Norma dispõe que, se dispostos adequadamente, a posição dos cômodos, a orientação geográfica e o dimensionamento e posição das aberturas, inclusive zenital (domus e poços), podem ser essenciais para obtenção do conforto lumínico do ambiente (NBR 15575-1/2013).

### 2.5.2 Iluminação artificial

As condições mínimas de iluminação artificial interna devem prover aos ambientes ocupação e circulação seguras e confortáveis, os níveis gerais para desempenho *M* devem atender aos mínimos estabelecidos no Quadro 15 (NBR 15575-1/2013):

| Dependência   | Iluminamento geral para o nível mínimo de desempenho<br>lux |
|---|---|
| Sala de estar<br>Dormitório<br>Banheiro<br>Área de serviço  | ≥ 100   |
| Copa/cozinha  | ≥ 200*  |
| Corredor ou escada interna à unidade<br>Corredor de uso comum (prédios)<br>Escadaria de uso comum (prédios)<br>Garagens/estacionamentos internos e cobertos | ≥ 75*   |
| Garagens/estacionamentos descobertos  | ≥ 20*   |
| * Valores retirados da NBR 5413<br>NOTA: Deve-se verificar e atender as condições mínimas exigidas pela legislação local.                                   |   |

Quadro 15 - Níveis de iluminação artificial  
Fonte: NBR 15575-1/2013

### 2.5.3 Iluminância de interiores

Além das disposições vistas na NBR 15575-1 (2013), a respeito dos níveis mínimos de iluminância geral dos ambientes, existe ainda a NBR 5413 (1992) que “tem como objetivo estabelecer os valores de iluminância média mínima para iluminação em interiores” (SILVA, 2011) conforme cada atividade a ser realizada.

Segundo a NBR 5413 (1992), os níveis de iluminância mínimos para cada ambiente de uma residência, são:

- Sala de estar
  - geral: 100 – 150 – 200
  - local (leitura, escrita, bordado, etc): 300 – 500 - 750
- Cozinha
  - geral: 100 – 150 – 200
  - local (fogão, pia, mesa): 200 – 300 - 500
- Quartos de dormir

- geral: 100 – 150 – 200
- local (espelho, penteadeira, cama): 200 – 300 – 500
- Hall, escadas, despensas, garagens
  - geral: 100 – 150 – 200
  - local: 200 – 300 – 500
- Banheiros:
  - geral: 75 – 100 – 150
  - local (espelhos): 200 - 300 - 500

Sendo que “das três iluminâncias, considerar o valor do meio, devendo este ser utilizado em todos os casos” (NBR 5413/1992), as demais são utilizadas nos casos extremos onde o trabalho visual é pouco ou muito crítico, exigindo menor ou maior iluminação, respectivamente.

### 3 DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A delimitação da área de estudo e pesquisa, bem como a seleção das unidades habitacionais a serem estudadas, buscou abranger o maior número de características globais dentre todas as habitações entregues pela COHAPAR, no ano de 2013, em Curitiba e Região Metropolitana.

Como ponto de partida para delimitação e escolha da amostragem, foram obtidos alguns dados acerca da quantidade de unidades entregues, bem como, quais dos padrões de projeto são mais utilizados. Em visitas e telefonemas ao departamento de projetos e obras da Companhia, conclui-se que, dentre todas as unidades entregues pela Companhia, cerca de 69% são unidades térreas, e dessas, a maioria encaixa-se nos padrões *CF35 A* e *CF40 GEM*, cujo os projetos arquitetônicos estão no ANEXO B.

Com base nos dados anteriores, foram prospectados conjuntos habitacionais com unidades do tipo térreo, nos padrões supracitados, entregues recentemente em Curitiba ou Região Metropolitana. Dessa etapa foi selecionado o Conjunto Habitacional Marambaia, em Colombo.

Em paralelo, afim de que as medições pudessem ser feitas de maneira mais precisa e em total acordo às disposições das normas, foram prospectados conjuntos habitacionais ainda em obras, também na região de Curitiba. Por estar em fase de conclusão, foi selecionado o Conjunto Habitacional Nápoles, em São José dos Pinhais.

Ambos os municípios fazem parte da Região Metropolitana de Curitiba e possuem fácil interligação e proximidade com o centro da capital, conforme ilustrado pela Figura 2.



al,2005). Curitiba, porém, é caracterizada pelas constantes variações sazonais da temperatura, com verões relativamente quentes e invernos rigorosos (VERÍSSIMO; MENDONÇA, 2003).

### 3.1 CONJUNTO HABITACIONAL MARAMBAIA

Localizado na Rua Leonardo Druzz, em Colombo, o Conjunto Habitacional Marambaia conta com 188 unidades habitacionais, divididas em seis blocos ou quadras, a maioria delas geminadas duas a duas, ou mais. O obra foi construída em três fases, sendo que a última, com 66 unidades, não estava prevista e foi ocasionada pelo abandono do construtor. Com atraso ela acabou sendo entregue em outubro de 2013 (PARANÁ, 2013). Segundo a COHAPAR, o empreendimento faz parte do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) e abriga famílias realocadas de áreas de risco, principalmente de antigas ocupações irregulares às margens do Rio Atuba.



Imagem 1: Unidade entregue na primeira fase  
Fonte: Google Earth (2011)



Imagem 2: Segunda fase em obras  
Fonte: Google Earth (2011)

Seguindo as determinações do Caderno de Especificações da Companhia, as unidades do Conjunto Marambaia foram construídas com tijolo de barro cozido, de quatro ou seis furos (não foi possível identificar ao certo), em alvenaria de  $\frac{1}{2}$  vez, assentada com argamassa de cimento, cal e areia média, com estrutura de concreto armado, cobertura com telhas de cerâmicas do tipo portuguesa, esquadrias externas de ferro e portas internas de madeira. Acabamento interno em forro de PVC, aplicação de cerâmica na cozinha e banheiros e pintura em tinta látex PVA nos demais cômodos.

No caso do Marambaia, segundo os moradores, o conjunto foi entregue na sua grande maioria, sem acabamento de piso em cerâmica – nesse item a determinação do Caderno não é clara, deixando como possibilidade a entrega com acabamento do tipo cimento queimado.

Para realização das medições necessárias para a análise proposta por esse trabalho, foram selecionadas unidades dispostas por todo o conjunto com a intenção de abranger as diversas condições de exposição a fatores externos, tais como, orientação solar da fachada, fontes de ruídos, unidades geminadas ou com uma lateral livre e condições de implantação em relação à vizinhança. Por estarem habitadas, as condições físicas da unidade, bem como a receptividade do morador e a fidelidade ao projeto originalmente entregue, também foram considerados.

As habitações selecionadas estão destacadas em vermelho na Figura 3.

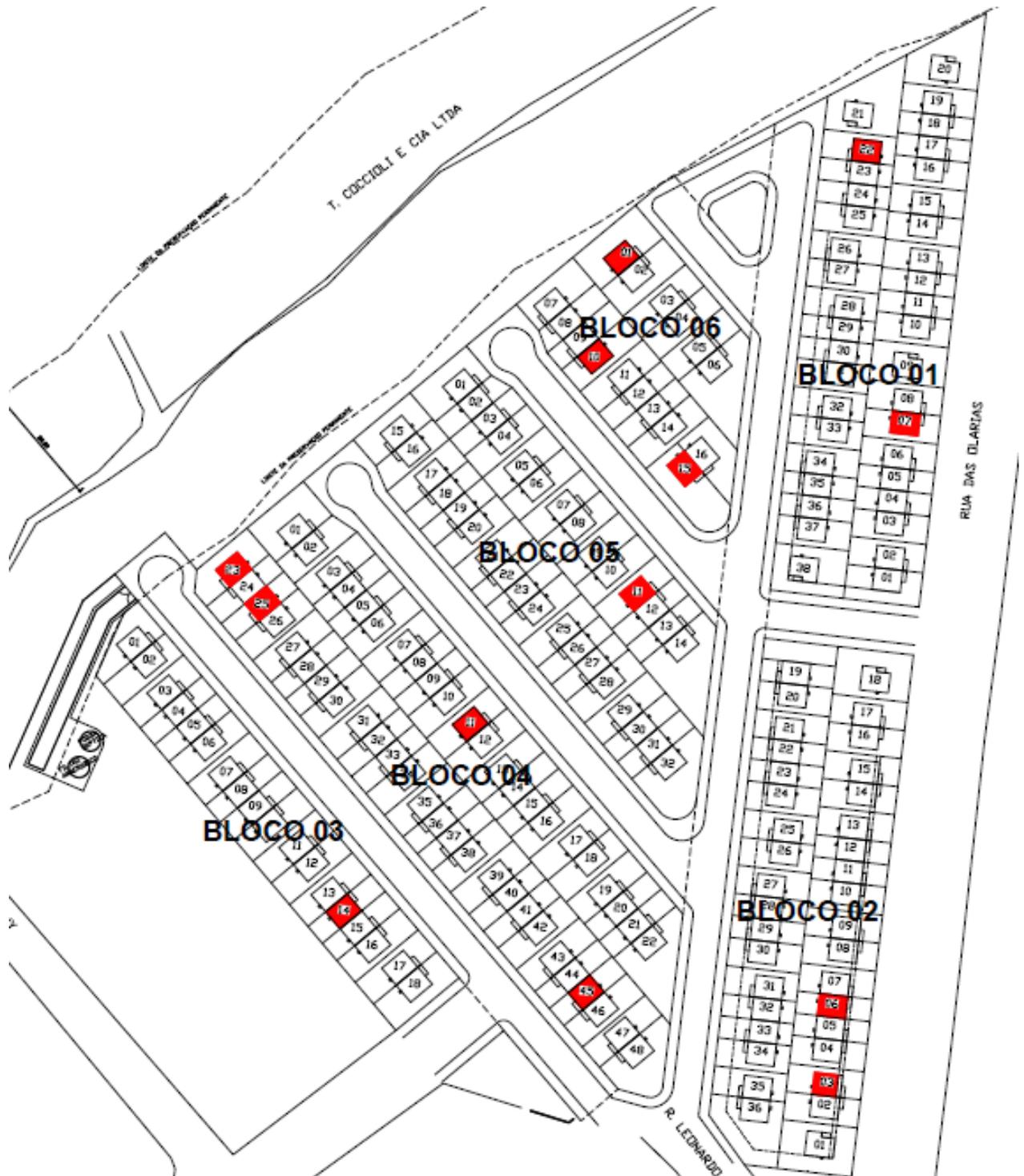


Figura 3: Implantação do Conjunto Habitacional Nápoles, em Colombo, com marcação das unidades selecionadas para as medições

Fonte: COHAPAR, adaptada pelo autor

### 3.2 CONJUNTO HABITACIONAL NÁPOLES

O Conjunto Habitacional Nápoles está localizado ao norte do município de São José dos Pinhais, na Av. Guatupe s/n, próximo do município de Piraquara. O

empreendimento conta com 147 unidades habitacionais térreas e autônomas, divididas em 10 agrupamentos (A – J), a serem entregues em Março de 2014. Como o conjunto habitacional Marambaia, também faz parte do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC).



Imagem 3: Conjunto Habitacional Nápoles, vista da rua interna  
Fonte: autoria própria

Os procedimentos e materiais empregados na construção desse residencial também seguem as disposições do caderno de especificações da COHAPAR. Por ainda estar em obras foi possível identificar o emprego de tijolo de barro cozido de seis furos, bem como, em desacordo às orientações do Caderno, a aplicação de tinta látex PVA no interior da habitação feita diretamente sobre o emboço, sem execução do acabamento em massa corrida. Foi possível perceber também que, mesmo antes da ocupação, existem algumas falhas no funcionamento das esquadrias metálicas – tanto porta, como janelas - causados possivelmente pelo manuseio incorreto ou pela má qualidade do material empregado.

Todas as unidades estão equipadas com ao menos uma placa coletora para aquecimento solar, essa orientação não consta no Caderno de especificações, porém, é sabido que a instalação tornou-se obrigatória a partir da homologação da Resolução nº 166, do Ministério das Cidades, em 2010.

O conjunto habitacional está implantado linearmente no terreno de forma que todas as habitações estão posicionadas frente a frente, exceto as de esquina, facilitando a escolha de unidades habitacionais que abranjam todas as orientações solares. Sendo assim, seguindo o mesmo critério do conjunto anterior, foram selecionadas unidades posicionadas na periferia do lote, próximas às vias, e no interior do lote. Também foram selecionadas unidades de esquina, e ao menos, uma unidade de cada agrupamento em fase de conclusão ou limpeza. As unidades escolhidas estão marcadas na Figura 4:



Figura 4: Implantação do Conjunto Habitacional Nápoles, com marcação das unidades selecionadas

## 4 MÉTODO DE PESQUISA

Grande parte da pesquisa realizada nesse trabalho baseou-se nas medições feitas *in loco* nos conjuntos habitacionais descritos. Para tal, foi de fundamental importância seguir ao máximo as recomendações das Normas específicas no que diz respeito à coleta de dados.

O conjunto habitacional Marambaia destacou-se por estar completamente ocupado o que dificultou a obtenção de dados com atendimento de todos os critérios estabelecidos. Nesse caso, por exemplo, quando da impossibilidade de posicionamento correto dos equipamentos, buscou-se a situação mais próxima possível do solicitado. Alguns dos itens a serem atendidos depararam-se com dificuldades, a maioria causada pela própria configuração dos móveis ou pela pouca receptividade do morador. São alguns exemplos: desobstrução das janelas, abertura máxima para ventilação, ausência de fontes de ruídos próximas ou que gerassem medições pouco representativas e desocupação dos ambientes.

Ao contrário, o conjunto habitacional Nápoles permitiu o manuseio e utilização dos equipamentos nas condições solicitadas pelas Normas, conforme Imagens 4 e 5 a seguir:



Imagem 4: Termômetro de globo posicionado à 1,20m do piso, na linha da base dos sensores, no centro do ambiente  
Fonte: Autoria própria



Imagem 5: Luxímetro posicionado à 0,75m do piso, no centro do ambiente  
Fonte: Autoria própria

As visitas aos dois conjuntos foram feitas nos dias 4, 5 e 6 de fevereiro de 2014, em dias claros e quentes (em desacordo à intenção de algumas medições fossem feitas em dias semi-encobertos). Nesse sentido, dada a urgência e

necessidade de realização desse trabalho algumas características climáticas não puderam ser atendidas.

Todos os equipamentos foram emprestados pelo Departamento de Construção Civil – DACOC -, da UTFPR, as orientações sobre o uso e manuseio foram obtidas com o professor Rodigo Eduardo Catai, responsável pelos equipamentos, no ato da retirada.

As especificações de cada medição, bem como a marca e o modelo de cada equipamento serão descritos nos capítulos referentes à análise de cada desempenho.

## 5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

As considerações e análises feitas a partir dos dados obtidos foram separadas conforme cada desempenho estudado: Desempenho térmico, Desempenho acústico e Desempenho lumínico; demonstrados nos itens 5.1, 5.2 e 5.3.

### 5.1 DESEMPENHO TÉRMICO

A avaliação do desempenho térmico das habitações foi feita com base em dados coletados *in loco*, nos projetos arquitetônicos e de implantação e no caderno de especificações gerais. Desses, a coleta de dados *in loco* foi feita com o apoio de uma trena comum e de um Termômetro de Globo, TGD 300, da marca Instrutherm, conforme Imagem 6:



Imagem 6: Termômetro de Globo, TGD-300, Instrutherm  
Fonte: Autoria própria

Os projetos e o caderno de especificações gerais, utilizados para análise, foram fornecidos pela COHAPAR.

Com as visitas, também foi possível fazer as verificações necessárias para realização das medições dos valores de Transmitância e Capacidade Térmica das vedações verticais e cobertura, conforme as orientações NBR 15220-2 (2003).

### 5.1.1 Avaliação do desempenho térmico no verão

Para avaliação do desempenho térmico no verão nas habitações da COHAPAR foi aplicado o Procedimento 2 – Medição, exposto na NBR 15575-1 (2013). As medições foram feitas em 13 unidades do conjunto habitacional Marambaia, em Colombo, e em 13 unidades do conjunto habitacional Nápoles, em São José dos Pinhais.

Nas unidades de São José dos Pinhais, os dados foram coletados com portas e janelas abertas e desobstruídas. Enquanto que, em Colombo, em alguns casos a desobstrução total foi dificultada pelo posicionamento dos móveis, eletrodomésticos e utensílios.

As medições foram feitas nos dias 4, 5 e 6 de fevereiro de 2014, entre 10h e 13h, em dias com características típicas de verão: temperaturas elevadas e alta incidência solar, e em habitações selecionadas de forma a atender as diferentes orientações solares presentes nos conjuntos.

Dada a época do ano cuja a pesquisa foi realizada, foi analisado apenas o requisito de exigência de desempenho no verão, da NBR 15575-1/2013.

Os dados coletados estão descritos nas Tabelas 1 e 2 a seguir:

**Tabela 1: Temperatura máxima observada no Conjunto Habitacional Marambaia – Colombo/PR**

|                      |            | Temperatura máxima observada (em °C) - C.H. Marambaia - Colombo |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|----------------------|------------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Unidade Habitacional | Bloco Casa | 01 07   | 01 22 | 02 03 | 02 06 | 03 14 | 04 11 | 04 23 | 04 25 | 04 45 | 05 11 | 06 01 | 06 10 | 06 15 |
| Sala                 |            | 31  | 29,1  | 28,9  | 29,2  | 30,1  | 30,7  | 29,8  | 29,6  | 30,1  | 31,2  | 29,8  | 28,9  | 29,7  |
| Dormitório 1         |            | 31,2  | 28,9  | 29    | 29,1  | 29,8  | -     | 30,2  | 29,7  | 30,1  | 31,1  | 30    | 28,7  | 31    |
| Dormitório 2         |            | 31  | 29,9  | 29,2  | 28,6  | 30    | 30,4  | 30,3  | 29,6  | 30,2  | -     | 30,1  | 28,7  | 29,9  |

Temperatura externa máxima registrada: 32,7°C

\* os dormitórios em que não foi feita medição estavam ocupados e não puderam ser acessados

Fonte: Autoria própria

**Tabela 2: Temperatura máxima observada no Conjunto Habitacional Nápoles – São José dos Pinhais/PR**

| Temperatura máxima observada (em °C) - C.H. Nápoles - SJP |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Unidade Habitacional                                      | A2   | A8   | B3   | C1   | C8   | C15  | D13  | D14  | G1   | I2   | I4   | I16  | G20  | J20  |
| Sala  | 26,5 | 28   | 27,8 | 26,2 | 27,6 | 28   | 28,5 | 28,9 | 30,2 | 28,3 | 30,2 | 29,9 | 30,7 | 30,6 |
| Dormitório 1  | 26,4 | 27,8 | *    | 26,2 | 27,6 | 27,8 | 28,4 | 29   | 31   | 29,6 | 30,1 | 28,2 | 30,6 | 30,4 |
| Dormitório 2  | 26,3 | 27,6 | 27,7 | 26,4 | 27,8 | 27,7 | 28,2 | 29   | 30,8 | 29,1 | 30,1 | 29,8 | 30,5 | 30,3 |

Temperatura externa máxima registrada: 34,1°C

\*o dormitório 1 da casa B3 estava trancado para depósito de materiais.

Fonte: Autoria própria

### 5.1.1.1 Análise dos resultados

Com base nos dados coletados, foi possível concluir que os conjuntos habitacionais analisados atendem ao requisito de conforto térmico no verão, uma vez todas as edificações estudadas apresentaram valores inferiores à máxima temperatura do dia, em ambientes de permanência prolongada. A análise pode ser confirmada pela sensação térmica observada dentro das residências, mesmo com temperaturas elevadas, o conforto térmico pôde ser confirmado.

Considerando que a amostra possa servir como parâmetro para uma análise global das habitações construídas pela COHAPAR, conclui-se que o sistema construtivo, bem como o padrões RF 35A e 40GEM de projeto, são adequados à região no que diz respeito ao desempenho térmico em dias típicos de verão, na região de Curitiba.

Os dados obtidos permitem ainda a comparação dos valores no que tange a influência da ocupação do imóvel na temperatura interna. Os valores médios obtidos, por cômodo, são demonstrados na Tabela 3:

| Tabela 3: Temperatura média obtida nos Conjuntos Habitacionais Marambaia e Nápoles |           |         |
|--|-----------|---------|
| Temperatura média (em °C)  |           |         |
| Conjunto Habitacional  | Marambaia | Nápoles |
| Sala   | 30        | 28,7    |
| Dormitório 1   | 29,9      | 28,7    |
| Dormitório 2   | 30        | 28,7    |

Fonte: Autoria própria

Salvo as diferenças de planta baixa – com áreas muito próximas – e temperatura máxima externa, porém, considerando que em ambas as construções são empregados materiais e técnicas similares ou equivalentes, é passível a análise

de que, após habitada a temperatura interna do imóvel tende a aumentar. No caso estudado a diferença percebida é de aproximadamente 1,26°C para mais nas unidades habitadas, mesmo em um dia com temperatura máxima registrada inferior.

A elevação da temperatura visivelmente se dá pela simples ocupação do imóvel, que, invariavelmente, influi em fatores como:

- diminuição da área de paredes com cores claras – pelo posicionamento dos móveis ou pela alteração da cor;
- diminuição da área livre para formação de correntes de ar;
- acréscimo de fontes de calor no interior da edificação: equipamentos eletrônicos, chuveiros com aquecimento elétrico ou a gás, atividades humanas, etc.
- obstrução das aberturas para ventilação (a ser estudado na sequência);

### 5.1.2 Avaliação de Transmitância Térmica e Capacidade Térmica das paredes externas

A avaliação de desempenho térmico das paredes externas das edificações estudadas foi realizado conforme o método de avaliação descrito na NBR 15220-2 (2003), sugerido pela NBR 15575-4 (2013). Os valores serão obtidos por meio do cálculos das propriedades térmicas, considerando como situação padrão: uso de tijolo de barro de seis furos (cerâmica) rebocado em ambos os lados (argamassa).

Dados obtidos na NBR 15220:

- $\rho_{cerâmica} = 1600 \text{ kg/m}^3$
- $\lambda_{cerâmica} = 0,90 \text{ W/(m.K)}$
- $c_{cerâmica} = 0,92 \text{ kJ/(kg.K)}$
- $\rho_{argamassa} = 2000 \text{ kg/m}^3$
- $\lambda_{argamassa} = 1,15 \text{ W/(m.K)}$
- $c_{argamassa} = 1,00 \text{ kJ/(kg.K)}$

\* valores iguais para argamassa de assentamento e reboco

Onde:

$\rho$  = densidade aparente;

$\lambda$  = condutividade; e

$c$  = calor específico.

E ainda:

- Dimensão do tijolo de seis furos: 19cm x 14cm x 9cm, conforme Figura 5;
- Resistência térmica da camada de ar interna ( $R_{ar}$ ) = 0,16 (m<sup>2</sup>.K)/W – considerando fluxo horizontal, 3cm de espessura e superfície de alta emissividade térmica.

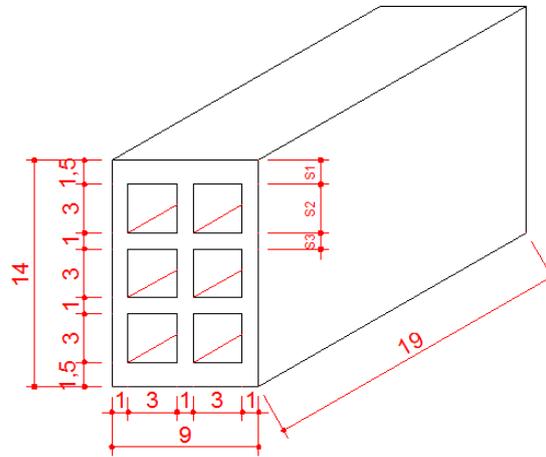


Figura 5: Tijolo de barro seis furos, com dimensões e indicação das seções  $S_1$ ,  $S_2$  e  $S_3$   
Fonte: Autoria própria

Cálculo de resistência de elementos isolados:

a) Resistência térmica do tijolo ( $R_{tijolo}$ ):

**Seção 1 (tijolo - borda):**

$$A_1 = 0,015 \times 0,19 = 0,00285 \text{ m}^2$$

$$R_1 = \frac{e_{cerâmica}}{\lambda_{cerâmica}} = \frac{0,09}{0,90} = 0,1 \text{ (m}^2\text{.K)/W}$$

**Seção 2 (tijolo + ar + tijolo + ar + tijolo):**

$$A_2 = 0,03 \times 0,19 = 0,0057 \text{ m}^2$$

$$R_2 = \frac{e_{cerâmica}}{\lambda_{cerâmica}} + R_{ar} + \frac{e_{cerâmica}}{\lambda_{cerâmica}} + R_{ar} + \frac{e_{cerâmica}}{\lambda_{cerâmica}}$$

$$R_2 = \frac{0,01}{0,90} + 0,16 + \frac{0,01}{0,90} + 0,16 + \frac{0,01}{0,90} = 0,3533 \text{ (m}^2\text{.K)/W}$$

**Seção 3 (tijolo - entremeio):**

$$A_3 = 0,01 \times 0,19 = 0,0019 \text{ m}^2$$

$$R_1 = \frac{e_{\text{cerâmica}}}{\lambda_{\text{cerâmica}}} = \frac{0,09}{0,90} = 0,1 \text{ (m}^2\text{.K)/W}$$

**Resistência do tijolo:**

$$R_{\text{tijolo}} = \frac{(2 \cdot A_1) + (3 \cdot A_2) + (2 \cdot A_3)}{\frac{2 \cdot A_1}{R_1} + \frac{3 \cdot A_2}{R_2} + \frac{2 \cdot A_3}{R_3}} = 0,185 \text{ (m}^2\text{.K)/W}$$

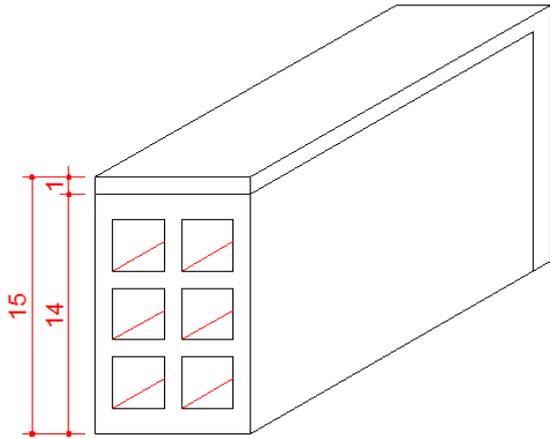


Figura 6: Tijolo de barro de seis furos com aplicação de argamassa de assentamento  
Fonte: Autoria própria

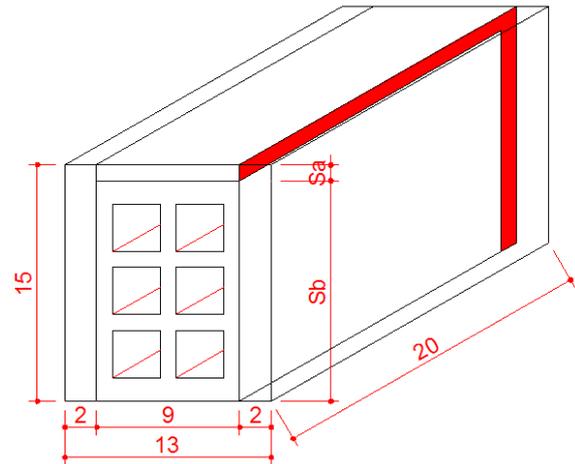


Figura 7: Tijolo de barro de seis furos com aplicação de argamassa de assentamento e reboco dos dois lados (interno e externo), indicação das seções  $S_a$  e  $S_b$   
Fonte: Autoria própria

b) Resistência térmica da parede ( $R_t$ ):

**Seção a (reboco + argamassa + reboco):**

$$A_a = (0,01 \times 0,19) + (0,01 \times 0,15) = 0,0034 \text{ m}^2$$

$$R_2 = \frac{e_{\text{reboco+argamassa+reboco}}}{\lambda_{\text{argamassa/reboco}}} = \frac{0,13}{1,15} = 0,1130 \text{ (m}^2\text{.K)/W}$$

**Seção b (reboco + tijolo + reboco):**

$$A_b = 0,14 \times 0,32 = 0,0448 \text{ m}^2$$

$$R_b = \frac{e_{\text{reboco}}}{\lambda_{\text{reboco}}} + R_{\text{tijolo}} + \frac{e_{\text{reboco}}}{\lambda_{\text{reboco}}} = \frac{0,02}{1,15} + 0,185 + \frac{0,02}{1,15} = 0,2198 \text{ (m}^2\text{.K)/W}$$

**Resistência térmica da parede:**

$$R_t = \frac{A_a + A_b}{\frac{A_a}{R_a} + \frac{A_b}{R_b}} = 0,2061 \text{ (m}^2\text{.K)/W}$$

c) Resistência térmica total:

$$R_T = R_{si} + R_t + R_{se}$$

Onde:

$R_{si}$  = Resistência da cada de ar interna, definida pela NBR 15220-2 conforme direção do fluxo de calor – horizontal =  $0,13(\text{m}^2.\text{K})/\text{W}$

$R_{se}$  = Resistência da cada de ar externa, definida pela NBR 15220-2 conforme direção do fluxo de calor – horizontal =  $0,04(\text{m}^2.\text{K})/\text{W}$

Então:

$$R_T = 0,13 + 0,2061 + 0,04 = 0,3761 (\text{m}^2.\text{K})/\text{W}$$

O valor obtido não é único, mesmo para paredes nas mesmas condições existem diferentes formas de cálculo que podem resultar em diferentes valores de Resistência Térmica, porém, considera-se que, mesmo diferentes, os valores obtidos em qualquer um dos métodos são equivalentes e seguros para esse nível de análise. Havendo diferença na espessura do reboco na mesma parede a Resistência também variará ao longo da parede, esse fato também é irrelevante para esse trabalho.

d) Transmitância térmica:

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{0,377} = \boxed{2,66 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})}$$

$\geq 2,5 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$  : não atende a exigência para a Zona 1

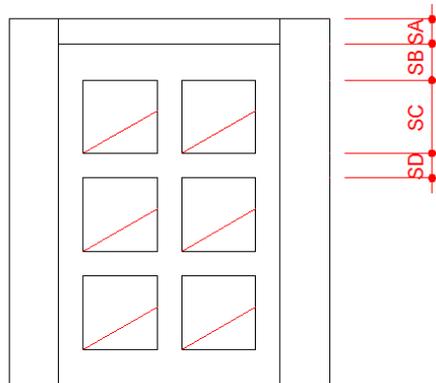


Figura 8: Vista frontal do tijolo de barro de seis furos, com indicação das seções  $S_A$ ,  $S_B$ ,  $S_C$  e  $S_D$   
Fonte: Autoria própria

e) Capacidade Térmica da parede:

**Seção A (reboco + argamassa + reboco):**

$$A_A = (0,01 \times 0,19) + (0,01 \times 0,15) = 0,0034 \text{ m}^2$$

$$C_{TA} = \sum_{i=1}^3 e_i \cdot c_i \cdot \rho_i = e_T \cdot (c_i \cdot \rho_i)_{reboco}$$

$$C_{TA} = 0,13 \times 1,00 \times 2000 = 260 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$$

**Seção B (reboco + tijolo-borda + reboco):**

$$A_B = 0,015 \times 0,19 = 0,00285\text{m}^2$$

$$C_{TB} = \sum_{i=1}^3 e_i \cdot c_i \cdot \rho_i = (e_i \cdot c_i \cdot \rho_i)_{\text{reboco}} + (e_i \cdot c_i \cdot \rho_i)_{\text{cerâmica}} + (e_i \cdot c_i \cdot \rho_i)_{\text{reboco}}$$

$$C_{TB} = 2 \times (0,02 \times 1,00 \times 2000) + (0,09 \times 0,92 \times 1600) = 212,48 \text{ kJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

**Seção C (reboco + tijolo + ar + tijolo + ar + tijolo + reboco):**

$$A_C = 0,03 \times 0,19 = 0,0057\text{m}^2$$

$$C_{TC} = \sum_{i=1}^7 e_i \cdot c_i \cdot \rho_i = 2 \cdot (e_i \cdot c_i \cdot \rho_i)_{\text{reboco}} + 3 \cdot (e_i \cdot c_i \cdot \rho_i)_{\text{cerâmica}}$$

$$* (e_i \cdot c_i \cdot \rho_i)_{\text{ar}} = 0$$

$$C_{TC} = 2 \times (0,02 \times 1,00 \times 2000) + 3 \times (0,01 \times 0,92 \times 1600) = 124,16 \text{ kJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

**Seção D (reboco + tijolo-entremeio + reboco):**

$$A_D = 0,01 \times 0,19 = 0,0019\text{m}^2$$

$$C_{TD} = \sum_{i=1}^3 e_i \cdot c_i \cdot \rho_i = (e_i \cdot c_i \cdot \rho_i)_{\text{reboco}} + (e_i \cdot c_i \cdot \rho_i)_{\text{cerâmica}} + (e_i \cdot c_i \cdot \rho_i)_{\text{reboco}}$$

$$C_{TD} = 2 \times (0,02 \times 1,00 \times 2000) + (0,09 \times 0,92 \times 1600) = 212,48 \text{ kJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

**Capacidade Térmica da parede:**

$$C_T = \frac{A_A + 2 \cdot A_B + 3 \cdot A_C + 2 \cdot A_D}{\frac{A_A}{C_{TA}} + \frac{2 \cdot A_B}{C_{TB}} + \frac{3 \cdot A_C}{C_{TC}} + \frac{2 \cdot A_D}{C_{TD}}} = \boxed{160 \text{ kJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})} \quad \geq 130 \text{ kJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}): \text{OK!}$$

### 5.1.2.1 Análise dos resultados

A partir do cálculo dos valores de Transmitância térmica (U) e Capacidade Térmica (CT), feitos com base na NBR 15220-2 (2003), seguindo o procedimento de cálculo de resistência térmica de materiais isolados (primeiro do tijolo e depois da parede como um todo), é possível concluir que os padrões de construção analisado, se construídos conforme o caderno de especificações da COHAPAR, atendem parcialmente as disposições da NBR 15575-4 (2013) no que diz respeito ao requisito de adequação de paredes externas.

Dada as zona bioclimática onde Curitiba (Z1) o valor de Transmitância Térmica (U) obtido para a parede em estudo não atende ao valor máximo exigido pela NBR 15575-4 (2013), ao tempo que, nas mesmas condições, é atendida a exigência de Capacidade Térmica (CT), conforme Tabela 4:

**Tabela 4: Valores de Transmitância Térmica e Capacidade Térmica para a Zona 1**

**Valores de Transmitância Térmica  
e Capacidade Térmica (Zona 1)**

|    | Calculado | U (NBR 15575-4) |
|----|-----------|-----------------|
| U  | 2,66      | $U \leq 2,5$    |
| CT | 160       | $CT \geq 130$   |

Fonte: Autoria própria

É significativo frisar que essa análise não abrange todo o conjunto de unidades habitacionais construídas ou entregues pela COHAPAR. Os resultados podem ser aplicados quando ficar comprovado o uso dos materiais e técnicas especificados nesse estudo: alvenaria com tijolo de seis furos, na dimensão de 19cm x 14cm x 9cm, assentados com 1cm de argamassa e finalizados com 2cm de reboco em ambos os lados, e ainda, quando do uso de cores claras na superfície externa - com Absortância  $\leq 0,6$ , conforme demonstrado no item 5.1.3.

Apesar de, em Curitiba, o requisito não ser atendido, o mesmo método construtivo com o emprego dos mesmo materiais atenderia às exigências de Transmitância Térmica se construídos em regiões alocadas em outras Zonas bioclimáticas, dentro do estado do Paraná. É o caso por exemplo do litoral, distribuído entre as zonas Z3 e Z5.

Alterações nos valores finais causadas por variação no procedimento de cálculo, ou ainda pela variação na espessura de argamassa de assentamento e reboco ao longo da parede, desde que mantidos valores aceitáveis, não alteram significativamente a análise dos resultados desse trabalho.

Por fim, se analisados os valores dos quadro A.1, no ANEXO A, fica evidente a preferência por alvenarias de tijolos vazados sobre as de tijolos maciços ou paredes de concreto, no que diz respeito sobre a eficiência térmica das paredes externas. A resistência térmica da parede é incrementada pela resistência térmica das camadas de ar confinadas nos vazios. No caso desses vazios estarem preenchidos por concreto ou cerâmica, diminui consideravelmente a Trasmitância entre o exterior e o interior.

### **5.1.3 Avaliação da Absortância à radiação solar das paredes externas**

Conforme a NBR 15220-2 (2003), o valor de Absortância à radiação solar é dado pelo acabamento e cor da superfície. No caso das unidades habitacionais

estudadas o Caderno de especificações da COHAPAR sugere que sejam usadas cores mais fortes, evitando aquelas que sofram maior desgaste pela ação do sol.

Para fins desse estudo, foram atribuídos valores de Absortância às cores vistas no Conjunto Habitacional Nápoles, uma vez que ele ainda encontra-se em fase de obras e não sofreu interferência dos moradores nas cores originalmente utilizadas. Quando possível a atribuição foi feita pelos valores especificados na NBR 15220-2 (2003), quando não, com base nos dados obtidos pelo método ATLAS II de DORNELLES (2008), são elas:

- Azul (ref: Imperial – marca não especificada):  $\alpha = 0,643$
- Verde (ref: Erva-doce A046 – Suvinil\*):  $\alpha = 0,236$
- Amarelo: (referência não especificada):  $\alpha = 0,30$
- Laranja (ref: Marrocos – Suvinil\*):  $\alpha = 0,553$
- Beje (ref: Mel – Suvinil\*):  $\alpha = 0,411$
- Rosa (ref: Flamingo – Suvinil\*):  $\alpha = 0,471$

\* as referências foram obtidas em anotações feitas no projeto de implantação da obra.

### 5.1.3.1 Análise dos resultados

Atribuídos os valores às cores utilizadas no Conjunto Habitacional Nápoles é possível verificar o atendimento à exigência da NBR 15575-4 (2013) no que se refere à Absortância à radiação solar, conforme Tabela 5:

**Tabela 5: Absortância à radiação solar, comparada à exigência da NBR 15575-4 (2013)**

| Cores            | Absortância à radiação solar |                |             |
|------------------|------------------------------|----------------|-------------|
|                  | NBR 15220-2                  | DORNELLES,2008 | NBR 15575-4 |
| Azul Imperial    | -                            | 0,643          | 0,6         |
| Verde Erva-doce  | -                            | 0,236          | 0,6         |
| Amarelo          | 0,3                          | -              | 0,6         |
| Laranja Marrocos | -                            | 0,553          | 0,6         |
| Beje Mel         | -                            | 0,411          | 0,6         |
| Rosa Flamingo    | -                            | 0,471          | 0,6         |

Fonte: NBR 15220-2 (2003), DORNELLES (2008) e NBR 15575-4 (2013)

O valor destacado em vermelho, atribuído com base em DORNELLES (2008), está acima do limite de  $\leq 0,6$  expresso na NBR 15575-4 (2013).

Essa constatação não necessariamente demonstra o não atendimento à Norma, e sim, alteração no requisito de Transmitância Térmica (U) calculado anteriormente. Para paredes externas cujos os valores de Absortância sejam superiores à 0,6 (cores e tonalidades escuras), para a maioria das zonas bioclimáticas, a Norma limita  $U \leq 2,5$ . No caso estudado, por estar localizado na zona bioclimática Z1, em nenhuma situação é admitido valores de transmitância das paredes superior à 2,5, mesmo em paredes claras.

Ao analisarmos a distribuição das cores feita no Conjunto Habitacional Nápoles, considerando o resultado obtido ( $U = 2,66$ ) aplicado à maioria das zonas climáticas, 28 de 147 unidades habitacionais estão pintadas nas cores Azul Imperial, ou seja, 19% das unidades não apresentariam níveis compatíveis de Absortância à radiação solar e Transmitância Térmica, conforme Tabela 6:

**Tabela 6: Valores de Absortância à radiação solar X Transmitância Térmica, das unidades habitacionais do Conjunto Nápoles**

| <b>Absortância x Transmitância, C.H. Nápoles - SJP</b> |                        |      |          |               |             |
|--|------------------------|------|----------|---------------|-------------|
| Cores  | Unidades habitacionais |      | $\alpha$ | U NBR 15575-4 | U calculado |
| Azul Imperial  | 28                     | 19%  | >0,6     | $\leq 2,5$    | 2,66        |
| Verde Erva-doce  | 38                     | 26%  | >0,6     | $\leq 3,7$    | 2,66        |
| Amarelo  | 8                      | 5%   | >0,6     | $\leq 3,7$    | 2,66        |
| Laranja Marrocos                                       | 27                     | 18%  | >0,6     | $\leq 3,7$    | 2,66        |
| Beje Mel   | 17                     | 12%  | >0,6     | $\leq 3,7$    | 2,66        |
| Rosa Flamingo  | 29                     | 20%  | >0,6     | $\leq 3,7$    | 2,66        |
| Total  | 147                    | 100% |          |               |             |

Fonte: NBR 15575-4 (2013) e dados obtidos na pesquisa

#### 5.1.4 Avaliação da isolamento térmica da cobertura

Analogamente às paredes externas, a avaliação térmica do sistema de cobertura também podem ser feita com base em valores de Transmitância Térmica (U) calculados conforme disposições da NBR 15220-2 (2003), e comparados às condições de absorvância à radiação solar da superfície externa.

Para fins de cálculo foram consideradas as seguintes especificções de projeto: cobertura em telhas de barro (aproximadamente 1,5cm de espessura), madeiramento em cambará, forro em PVC de 1cm (exceto banheiro) e ventilação da câmara de ar feita pelo beiral.

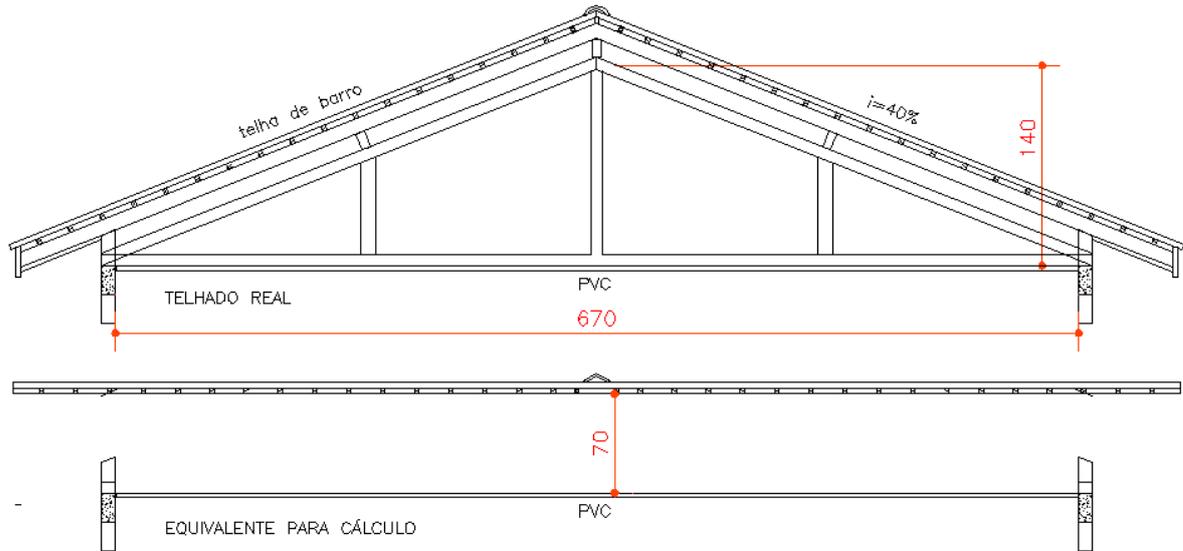


Figura 9: Desenhos do telhado real e do equivalente para cálculo

A altura equivalente para cálculo equivale à metade da altura entre da câmara de ar ventilado, medida do pé da estrutura no ponto da cumeeira até o forro.

Dados do telhado:

- comprimento do telhado = 5,50m
- abertura para ventilação considerada = 5cm por 6,5m de beiral (considerando 1m de recorte em planta) em cada unidade, em ambos os lados

Dados obtidos na NBR 15220:

- $\rho_{cerâmica} = 1600\text{kg/m}^3$
- $\lambda_{cerâmica} = 0,90\text{ W/(m.K)}$
- $c_{cerâmica} = 0,92\text{ kJ/(kg.K)}$
- $\rho_{pvc} = 1300\text{ kg/m}^3$
- $\lambda_{pvc} = 0,20\text{ W/(m.K)}$
- $c_{PVC} = 0,0016\text{ kJ/(kg.K)}$

Onde:

$\rho$  = densidade aparente;

$\lambda$ = condutividade; e

$c$ = calor específico.

**Componentes da câmara de ar ventilada:**

a) Verificação das condições de ventilação da câmara de ar:

$$S = 2(650 \times 5) = 6500\text{cm}^2$$

$$A = 6,70 \times 5,50 = 36,85\text{m}^2$$

$$\frac{S}{A} = \frac{6500}{36,85} = 176,40\text{cm}^2/\text{m}^2$$

**S/A ≥ 30 : câmara de ar muito ventilada!**

Consideração feita a partir do disposto na NBR 15220-2(2003), onde para câmaras de ar horizontais (coberturas) estipula-se que relação S/A < 30 revela câmaras pouco ventiladas e S/A ≥ 30 câmaras de ar muito ventiladas.

b) Condições de verão – ganho de calor:

- Resistência térmica da camada de ar interna ( $R_{ar}$ ) = 0,21 (m<sup>2</sup>.K)/W – considerando fluxo descendente, espessura > 5cm e superfície de alta emissividade térmica.

**Resistência térmica:**

$$R_t = \frac{e_{cerâmica}}{\lambda_{cerâmica}} + R_{ar} + \frac{e_{pvc}}{\lambda_{pvc}} = \frac{0,015}{0,90} + 0,21 + \frac{0,01}{0,20} = 0,277(\text{m}^2.\text{K})/\text{W}$$

**Resistência térmica total:**

$$R_T = R_{si} + R_t + R_{se}$$

Onde:

$R_{si}$  = Resistência da cada de ar interna, definida pela NBR 15220-2 conforme direção do fluxo de calor – descendente = 0,17(m<sup>2</sup>.K)/W

$R_{se}$  = Resistência da cada de ar externa, definida pela NBR 15220-2 conforme direção do fluxo de calor – descendente = 0,04(m<sup>2</sup>.K)/W

Então:

$$R_T = 0,17 + 0,277 + 0,04 = 0,457 (\text{m}^2.\text{K})/\text{W}$$

**Transmitância Térmica:**

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{0,457} = \boxed{2,19 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})}$$

c) Condições de inverno – perda de calor:

- Resistência térmica da camada de ar interna ( $R_{ar}$ ) = 0,21 (m<sup>2</sup>.K)/W – considerando fluxo descendente, espessura > 5cm e superfície de alta emissividade térmica.

- **Resistência térmica:**

$$R_t = \frac{e_{pvc}}{\lambda_{pvc}} = \frac{0,01}{0,20} = 0,05(\text{m}^2.\text{K})/\text{W}$$

**Resistência térmica total:**

$$R_T = 2 \times R_{si} + R_t$$

Onde:

$R_{si}$  = Resistência da cada de ar interna, definida pela NBR 15220-2 conforme direção do fluxo de calor – ascendente =  $0,10(\text{m}^2.\text{K})/\text{W}$

Então:

$$R_T = 2 \times 0,10 + 0,05 = 0,25 (\text{m}^2.\text{K})/\text{W}$$

**Transmitância Térmica:**

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{0,25} = \boxed{4,00 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})}$$

#### 5.1.4.1 Análise dos resultados

A análise das condições de isolamento térmica da cobertura deve ser feita não somente com base nos valores obtidos, é necessária também a interpretação desses valores para os casos de verão e inverno.

Para melhor entendimento, os dados calculados bem como a exigência da NBR 15575-5 (2013) para zona bioclimática de Curitiba – Z1 –, estão compilados na Tabela 7:

**Tabela 7: Valores de Transmitância Térmica da cobertura nas condições de verão e inverno**

| <b>Valores de Transmitância Térmica (Zona 1)</b> |           |                |                 |
|--|-----------|----------------|-----------------|
|  | Calculado | $\alpha$ telha | U (NBR 15575-5) |
| U verão  | 2,05      | 0,75           | $U \leq 2,3$    |
| U inverno  | 4         | 0,75           | $U \leq 2,3$    |

Fonte: NBR 15575-5 (2013) e dados coletados

Ao compararmos os valores de exigência da Norma com o valor obtido nos cálculos, é clara a interpretação de que a opção detalhada em projeto – telha de barro, altura de 1,40m e forro de PVC – são suficientes para o bom desempenho térmico da cobertura em dias típicos de verão, na região de Curitiba. Porém, através dos cálculos sugeridos pela NBR 15220-2 (2003), é possível perceber também que o valor de Transmitância Térmica obtido para os dias de inverno, não atende ao requisito da Norma.

Essa análise, porém, torna-se inconsistente se observado que na prática os valores de Transmitância Térmica representam maior isolamento da cobertura, conseqüentemente, menor perda de calor para o exterior e manutenção da

temperatura interna nos dias de inverno (CARLO 2008 *apud* RORIZ, CHAVTAL e CAVALCANTI, 2009).

A Norma dispõe ainda que, quando não atendido o requisito, novas análises devem ser feitas com base nos procedimentos 1 e 2. Dada a época do ano em que esse trabalho foi realizado fica inviável a realização de medições *in loco* nas condições necessárias, bem como, para fins desse estudo, optou-se pela não realização de simulações computacionais.

Conclui-se, portanto, que a isolamento térmica da cobertura das unidades habitacionais da COHAPAR, com base no cálculo de coberturas das unidades do Conjunto Habitacional Marambaia, atende à exigência de Transmitância Térmica (U) para o verão, na região de Curitiba. Os dados obtidos são inconclusivos na análise do mesmo critério nos dias de inverno, bem como, a Norma mostra-se falha no que diz da falta informações necessárias para uma análise mais profunda, em estações e condições climáticas diferentes.

### 5.1.5 Avaliação das aberturas para ventilação

Para análise do dimensionamento das aberturas das habitações da COHAPAR foram coletadas as dimensões máximas (largura x altura) de ventilação das janelas, descontando as esquadrias e eventuais obstruções, em ambientes de permanência prolongada (sala e quartos) e cozinha, nas mesmas unidades habitacionais tomadas como base para a pesquisa.

No conjunto habitacional Marambaia, em Colombo, as janelas da cozinha são do tipo basculante com folhas laterais, inferiores e superiores fixas. O cálculo da área de ventilação dessas janelas foi feito conforme a orientação de ELETROBRÁS (2013):

$$X_1 = d_v \cdot l$$

$$A_{vent} = X_1 + X_2$$

Sendo:

$$X_1 = (d_v \cdot l) \cdot n_1 \quad \text{e} \quad X_2 = \frac{X_1}{2} \cdot n_2$$

Onde:

$d_v$  = é a distância entre as folhas na máxima abertura; e

$l$  = é a largura de abertura da janela, sem considerar o perfil;

$n_1$  = é o número de aberturas centrais, ou seja, com máxima área de ventilação;

$n_2$  = é o número de abertura das pontas, ou seja, com metade da capacidade de ventilação – geralmente esse número é igual a 2.

Os dados coletados foram submetidos à análise com base em dois parâmetros diferentes: da NBR 15575-4/2013 e do Códigos de Obras, ou lei equivalente, de cada município – no caso, Colombo e São José dos Pinhais.

Em Colombo, o Código de Obras (Lei 879/2004), impõe que os vãos para iluminação e ventilação, sempre abertos para o exterior, deverão atender à no mínimo as proporções de 1/6 da área do piso em quartos e salas, e 1/8 em cozinhas e demais ambientes de permanência transitória, sem mencionar quanto desse valor deve ser destinado à troca de ar ou ventilação do ambiente (COLOMBO/2004).

Nesse caso, para fins de análise desse trabalho, os dados coletados serão comparados ao parâmetro descrito na NBR 15575-4 (2013):  $A \geq 7\%$  para dormitórios e salas de estar. A análise na cozinha não será feita por falta de parâmetro, porém, os dados coletados serão expostos juntamente com os demais na Tabela 8, onde os valores destacados em vermelho não atendem à Norma:

**Tabela 8: Área de ventilação observada no Conjunto Habitacional Marambaia, em Colombo, comparada ao valor de referência dispostos na NBR 15575-4/2013.**

| Área de ventilação das aberturas - C.H Marambaia - Colombo |      |       |      |         |      |              |      |              |      |
|--|------|-------|------|---------|------|--------------|------|--------------|------|
| U. Habit.  |      | SALA  |      | COZINHA |      | DORMITÓRIO 1 |      | DORMITÓRIO 2 |      |
| Bloco  | Casa | área  | %    | área    | %    | área         | %    | área         | %    |
| 01   | 07   | 0,36  | 3,0% | 0,1472  | 3,8% | 0,45         | 6,2% | 0,333        | 4,3% |
| 01   | 22   | 0,423 | 3,5% | 0,1536  | 3,9% | 0,459        | 6,3% | 0,477        | 6,2% |
| 02   | 03   | 0,387 | 3,2% | 0,1536  | 3,9% | 0,477        | 6,6% | 0,3969       | 5,2% |
| 02   | 06   | 0,369 | 3,1% | 0,128   | 3,3% | 0,495        | 6,8% | 0,495        | 6,4% |
| 03   | 14   | 0,405 | 3,4% | 0,1472  | 3,8% | 0,378        | 5,2% | 0,468        | 6,1% |
| 04   | 11   | 0,423 | 3,5% | 0,1472  | 3,8% | -            | -    | 0,504        | 6,6% |
| 04   | 23   | 0,414 | 3,4% | 0,1536  | 3,9% | 0,513        | 7,1% | 0,459        | 6,0% |
| 04   | 25   | 0,423 | 3,5% | 0,1472  | 3,8% | 0,495        | 6,8% | 0,495        | 6,4% |
| 04   | 45   | 0,405 | 3,4% | 0,1472  | 3,8% | 0,3536       | 4,9% | 0,513        | 6,7% |
| 05   | 11   | 0,423 | 3,5% | 0,1472  | 3,8% | 0,477        | 6,6% | -            | -    |
| 06   | 01   | 0,378 | 3,1% | 0,1536  | 3,9% | 0,513        | 7,1% | 0,504        | 6,6% |
| 06   | 10   | 0,36  | 3,0% | 0,1536  | 3,9% | 0,504        | 6,9% | 0,468        | 6,1% |
| 06   | 15   | 0,387 | 3,2% | 0,128   | 3,3% | 0,495        | 6,8% | 0,495        | 6,4% |

Fonte: Autoria própria

No caso de São José dos Pinhais, está em vigência a Lei nº44/91, nela constam todos os parâmetros construtivos necessários para obtenção do alvará de

construção de qualquer obra, residencial ou não, dentro dos limites do Município (SÃO JOSÉ DOS PINHAIS/2013).

A respeito das aberturas, fica imposto pela Lei que os índices mínimos (em área) das aberturas para iluminação e ventilação também devem atender às proporções de 1/6 da área de superfície do piso para ambientes de permanência prolongada; e 1/8 para ambientes de permanência transitória. Porém, ao contrário do código de obras de Colombo, em São José dos Pinhais é dito também que, da área total do vão, pelo menos 50% deve ser dedicado à áreas que permitam a renovação de ar (SÃO JOSÉ DOS PINHAIS/2013).

Transformando os números descritos em porcentagem, temos os valores de referência mínimos dispostos no Quadro 16:

| <b>Relação entre a área de ventilação e a área do ambiente</b> |           |             |           |             |             |             |
|--|-----------|-------------|-----------|-------------|-------------|-------------|
|  | SALA      |             | COZINHA   |             | DORMITÓRIOS |             |
|  | Lei 44/91 | NBR 15575/4 | Lei 44/91 | NBR 15575/4 | Lei 44/91   | NBR 15575/4 |
| Área de ventilação   | ≥8,5%     | ≥7%         | ≥6,25%    | ≥7%         | ≥8,5%       | ≥7%         |

Quadro 16: Valores de referência para abertura destinada à ventilação  
Fonte: NBR 15575-4 (2013) e Lei 44/91

Os dados coletados no Conjunto Habitacional Nápoles estão dispostos na Tabela 9 a seguir, sendo que, os valores marcados em vermelho indicam o não atendimento à um ou outro parâmetro.

**Tabela 9: Área de ventilação observada no Conjunto Habitacional Nápoles, em São José dos Pinhais, comparada aos valores de referência dispostos no Quadro 16.**

| <b>Área de ventilação das aberturas - C.H Nápoles - SJP</b> |        |       |         |      |              |      |              |      |
|---|--------|-------|---------|------|--------------|------|--------------|------|
| U.H.  | SALA   |       | COZINHA |      | DORMITÓRIO 1 |      | DORMITÓRIO 2 |      |
|   | área   | %     | área    | %    | área         | %    | área         | %    |
| <b>A2</b>   | 1,0395 | 12,3% | 0,4185  | 8,0% | 0,54         | 7,4% | 0,5696       | 7,4% |
| <b>A8</b>   | 0,9225 | 10,9% | 0,3825  | 7,3% | 0,585        | 8,1% | 0,576        | 7,5% |
| <b>B3</b>   | 1,026  | 12,2% | 0,405   | 7,7% | -            | -    | 0,567        | 7,4% |
| <b>C1</b>   | 1,0215 | 12,1% | 0,4095  | 7,8% | 0,54         | 7,4% | 0,5162       | 6,7% |
| <b>C8</b>   | 0,9855 | 11,7% | 0,4005  | 7,7% | 0,54         | 7,4% | 0,5518       | 7,2% |
| <b>C15</b>  | 1,017  | 12,1% | 0,405   | 7,7% | 0,567        | 7,8% | 0,534        | 7,0% |
| <b>D13</b>  | 0,9855 | 11,7% | 0,3825  | 7,3% | 0,549        | 7,6% | 0,558        | 7,3% |
| <b>D14</b>  | 0,99   | 11,7% | 0,405   | 7,7% | 0,54         | 7,4% | 0,549        | 7,1% |
| <b>G1</b>   | 1,017  | 12,1% | 0,396   | 7,6% | 0,513        | 7,1% | 0,534        | 7,0% |
| <b>I2</b>   | 1,0305 | 12,2% | 0,4185  | 8,0% | 0,585        | 8,1% | 0,594        | 7,7% |
| <b>I4</b>   | 1,0305 | 12,2% | 0,4185  | 8,0% | 0,54         | 7,4% | 0,558        | 7,3% |
| <b>I16</b>  | 1,0035 | 11,9% | 0,4095  | 7,8% | 0,549        | 7,6% | 0,54         | 7,0% |
| <b>G20</b>  | 0,9945 | 11,8% | 0,4185  | 8,0% | 0,585        | 8,1% | 0,576        | 7,5% |
| <b>J20</b>  | 0,999  | 11,9% | 0,387   | 7,4% | 0,603        | 8,3% | 0,6141       | 8,0% |

Fonte: Autoria própria

#### 5.1.5.1 Análise dos resultados

A análise dos resultados obtidos com a coleta de dados denunciou um grave problema nas habitações entregues e projetadas pela COHAPAR, tanto no município de Colombo como em São José dos Pinhais.

Em Colombo o cenário apresentou-se mais crítico pois o não atendimento à Norma foi percebido nos dois ambientes de permanência prolongada, sendo que na sala o valor mais alto percebido chega a apenas 50% da exigência e corresponde à realidade da minoria das residências analisadas.

O desempenho insatisfatório desse requisito pode ser atribuído à quatro fatores principais: ocupação incorreta, má execução, baixa qualidade dos materiais utilizados e erro de projeto.

A ocupação incorreta, no caso do Conjunto Habitacional Marambaia, pôde ser percebida em pelo menos quatro das habitações analisadas, onde uma das dimensões da abertura de um dos dormitórios – largura ou altura – está significativamente obstruída pelo posicionamento de móveis considerados fixos (armários, estantes, cômodas e outros), conseqüentemente a área disponível para ventilação foi diminuída drasticamente.

Outro fator relevante é a qualidade da execução e dos materiais empregados na obra, ambos insatisfatórios. Esses fatores puderam ser percebidos principalmente no Conjunto Habitacional Nápoles, em São José dos Pinhais, ainda em fase de obras. Várias das janelas analisadas tem a sua abertura máxima dificultada ou impedida por fatores como: esquadria amassada, acabamento ruim da pintura, folha encaixada incorretamente, má fixação ou simplesmente pela dificuldade de abertura crônica percebida em janelas de ferro, como as empregadas nos conjuntos visitados.

O quarto fator, pode ser considerado como o mais grave, uma vez que está relacionado à fase de projeto e concepção das habitações entregues pela COHAPAR. No caso das habitações de Colombo o não atendimento à Norma vêm desde as especificações de projeto. Em todos os ambientes analisados (exceto no dormitório 01) são previstas aberturas para iluminação e ventilação que, mesmo funcionando em perfeitas condições, são insuficientes tanto para as exigências do

Código de Obras quando para o parâmetro mínimo disposto na NBR 15575-4 (2013), conforme mostrado na Tabela 10 e na Figura 10:

**Tabela 10: Relação da área de superfície de piso dos ambientes e área de abertura para ventilação das janelas especificadas em projeto, no Conjunto Habitacional Marambaia, em Colombo.**

| Área de ventilação prevista em projeto - C.H Marambaia - Colombo |       |         |              |              |
|--|-------|---------|--------------|--------------|
| Dados de projeto   | SALA  | COZINHA | DORMITÓRIO 1 | DORMITÓRIO 2 |
| Área de superfície e piso (m <sup>2</sup> )                      | 12,01 | 3,91    | 7,36         | 8,54         |
| Área efetiva de abertura de ventilação (m <sup>2</sup> )         | 0,45  | 0,19    | 0,54         | 0,54         |
| Relação Aa/Ap  | 3,7%  | 4,9%    | 7,3%         | 6,3%         |

Fonte: Projeto Arquitetônico RA CF40GEM - COHAPAR

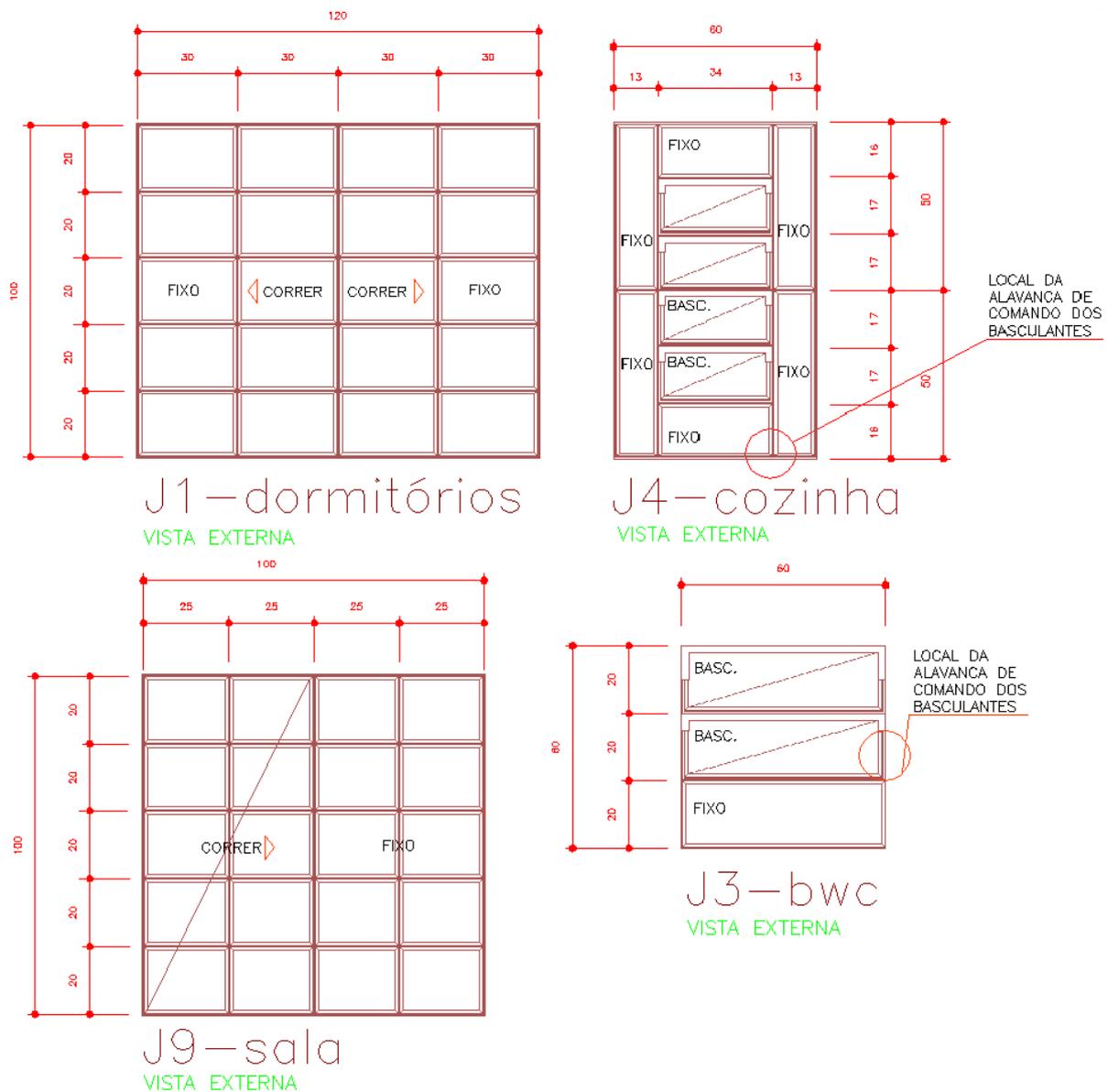


Figura 10: Especificação das aberturas do projeto arquitetônico do Conjunto Habitacional Marambaia  
Fonte: Projeto Arquitetônico RA CF40GEM - COHAPAR

## 5.2 DESEMPENHO ACÚSTICO

A análise do conforto acústico das unidades habitacionais entregues pela COHAPAR foi feita por meio de métodos de medição alternativo àqueles propostos na NBR 15575 (2013). A metodologia recomendada nas ISO's e Normas de referência requer o uso de equipamentos e técnicas avançadas de medição, bem como, a participação de mais pesquisadores nos postos de coleta de dados. Em função disso, para fins de análise desse trabalho, foi aplicado um método de medição mais simples e acessível, descrito na NBR 10151 (2000) e na NBR 10152 (1987).

O equipamento de medição utilizado foi o decibelímetro (*sound level meter*), modelo SL-4011, da marca Lutron, conforme a Imagem 7.



Imagem 7: Decibelímetro utilizado nas medições – SL-4011  
Fonte: Autoria própria

As medições foram feitas no interior das habitações dos Conjuntos Habitacionais Marambaia e Nápoles, no centro da sala e dormitórios, a pelo menos 1,00m de afastamento das paredes e piso. Em cada ambiente foram feitos 10 leituras, arredondadas para o número inteiro mais próximo, espaçadas a cada 5 segundos. Com os dados obtidos foi calculado o valor do nível de pressão sonora equivalente -  $L_{Aeq}$ .

Os valores medidos em cada unidade habitacional do Conjunto Marambaia, em Colombo, estão expostos nas Tabelas 11 a 19, sendo que, nas casas B1C7,

B4C23, B4C25 e B6C15 as medições não foram feitas devido a presença de fontes de som próximas (carro de som) ou dentro das casas (televisão/rádio), e no dormitório 2 da casa B1C22, também não foram feitas medições pela obstrução da porta, impedindo o fechamento.

**Tabela 11: Nível de pressão sonora na unidade B1C22 do C. H. Marambaia**

| <b>Bloco 01 - Casa 22 - Conjunto Habitacional Marambaia - Colombo</b> |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |           |
|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----------|
| Nível de pressão sonora (em dB)                                       |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |           |
|   | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | $L_{Aeq}$ |
| Sala  | 40 | 38 | 39 | 39 | 32 | 36 | 37 | 41 | 43 | 45 | 40        |
| Quarto 01   | 36 | 38 | 36 | 37 | 43 | 44 | 28 | 35 | 40 | 38 | 39        |
| Quarto 02   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -         |

**Tabela 12: Nível de pressão sonora na unidade B2C03 do C. H. Marambaia**

| <b>Bloco 02 - Casa 03 - Conjunto Habitacional Marambaia - Colombo</b> |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |           |
|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----------|
| Nível de pressão sonora (em dB)                                       |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |           |
|   | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | $L_{Aeq}$ |
| Sala  | 46 | 52 | 42 | 37 | 51 | 53 | 44 | 44 | 51 | 54 | 50        |
| Quarto 01   | 38 | 44 | 39 | 30 | 31 | 30 | 43 | 42 | 41 | 44 | 41        |
| Quarto 02   | 40 | 38 | 32 | 36 | 36 | 42 | 41 | 44 | 39 | 37 | 40        |

**Tabela 13: Nível de pressão sonora na unidade B2C06 do C. H. Marambaia**

| <b>Bloco 02 - Casa 06 - Conjunto Habitacional Marambaia - Colombo</b> |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |           |
|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----------|
| Nível de pressão sonora (em dB)                                       |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |           |
|   | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | $L_{Aeq}$ |
| Sala  | 41 | 44 | 49 | 53 | 42 | 36 | 34 | 39 | 38 | 46 | 46        |
| Quarto 01   | 35 | 35 | 38 | 40 | 31 | 32 | 38 | 42 | 40 | 42 | 39        |
| Quarto 02   | 28 | 32 | 33 | 32 | 37 | 42 | 39 | 30 | 32 | 33 | 36        |

**Tabela 14: Nível de pressão sonora na unidade B2C14 do C. H. Marambaia**

| <b>Bloco 03 - Casa 14 - Conjunto Habitacional Marambaia - Colombo</b> |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |           |
|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----------|
| Nível de pressão sonora (em dB)                                       |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |           |
|   | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | $L_{Aeq}$ |
| Sala  | 45 | 48 | 51 | 40 | 33 | 31 | 33 | 44 | 39 | 41 | 44        |
| Quarto 01   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -         |
| Quarto 02   | 27 | 29 | 32 | 31 | 32 | 33 | 37 | 46 | 43 | 38 | 39        |

**Tabela 15: Nível de pressão sonora na unidade B4C11 do C. H. Marambaia**

| <b>Bloco 04 - Casa 11 - Conjunto Habitacional Marambaia - Colombo</b> |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |           |
|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----------|
| Nível de pressão sonora (em dB)                                       |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |           |
|   | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | $L_{Aeq}$ |
| Sala  | 45 | 48 | 44 | 29 | 36 | 38 | 41 | 44 | 45 | 41 | 43        |
| Quarto 01   | 28 | 33 | 32 | 36 | 35 | 38 | 34 | 36 | 41 | 42 | 37        |
| Quarto 02   | 30 | 32 | 31 | 38 | 38 | 35 | 28 | 30 | 39 | 41 | 36        |

**Tabela 16: Nível de pressão sonora na unidade B4C45 do C. H. Marambaia**

**Bloco 04 - Casa 45 - Conjunto Habitacional Marambaia - Colombo**

|           | Nível de pressão sonora (em dB) |    |    |    |    |    |    |    |    |    | $L_{Aeq}$ |
|-----------|---------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----------|
|           | 1                               | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 |           |
| Sala      | 39                              | 38 | 30 | 39 | 32 | 41 | 44 | 36 | 32 | 34 | 38        |
| Quarto 01 | 29                              | 30 | 40 | 36 | 34 | 39 | 42 | 35 | 35 | 30 | 37        |
| Quarto 02 | 28                              | 36 | 37 | 32 | 34 | 40 | 39 | 39 | 35 | 31 | 36        |

Tabela 17: Nível de pressão sonora na unidade B5C31 do C. H. Marambaia

**Bloco 05 - Casa 31 - Conjunto Habitacional Marambaia - Colombo**

|           | Nível de pressão sonora (em dB) |    |    |    |    |    |    |    |    |    | $L_{Aeq}$ |
|-----------|---------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----------|
|           | 1                               | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 |           |
| Sala      | 45                              | 42 | 47 | 32 | 36 | 39 | 42 | 40 | 41 | 44 | 42        |
| Quarto 01 | 30                              | 36 | 35 | 32 | 38 | 43 | 40 | 41 | 32 | 35 | 38        |
| Quarto 02 | -                               | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -         |

Tabela 18: Nível de pressão sonora na unidade B6C01 do C. H. Marambaia

**Bloco 06 - Casa 01 - Conjunto Habitacional Marambaia - Colombo**

|           | Nível de pressão sonora (em dB) |    |    |    |    |    |    |    |    |    | $L_{Aeq}$ |
|-----------|---------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----------|
|           | 1                               | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 |           |
| Sala      | 30                              | 36 | 31 | 35 | 30 | 30 | 37 | 32 | 39 | 41 | 36        |
| Quarto 01 | 29                              | 33 | 33 | 34 | 35 | 30 | 39 | 38 | 41 | 32 | 36        |
| Quarto 02 | 27                              | 31 | 36 | 30 | 32 | 34 | 39 | 41 | 39 | 35 | 36        |

Tabela 19: Nível de pressão sonora na unidade B6C10 do C. H. Marambaia

**Bloco 06 - Casa 10 - Conjunto Habitacional Marambaia - Colombo**

|           | Nível de pressão sonora (em dB) |    |    |    |    |    |    |    |    |    | $L_{Aeq}$ |
|-----------|---------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----------|
|           | 1                               | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 |           |
| Sala      | 41                              | 40 | 32 | 33 | 32 | 38 | 34 | 33 | 36 | 42 | 38        |
| Quarto 01 | 39                              | 30 | 32 | 35 | 33 | 37 | 32 | 30 | 37 | 41 | 36        |
| Quarto 02 | 44                              | 35 | 31 | 32 | 39 | 37 | 35 | 33 | 36 | 39 | 38        |

As medições realizadas no conjunto habitacional Nápoles estão expostas nas Tabelas 20 a 30, sendo que, dentre todas as unidades estudadas, em algumas delas a obtenção de dados característicos do conjunto foi impossibilitada pelos ruídos emitidos por equipamentos de obra muito próximos (betoneira e descarga de caminhão). Por outro lado, por ainda estar em obras, os dados coletados podem ser tomados como representantes da realidade acústica do entorno, sem interferência direta de fontes de ruídos geradas pelo aumento de aglomeração de pessoas. A exceção à regra é a unidade B3 cuja as medições foram feitas com o uso da betoneira relativamente próximo.

Tabela 20: Nível de pressão sonora na unidade A2 do C. H. Nápoles

**Casa A2 - Conjunto Habitacional Nápoles - São José dos Pinhais**

|           | Nível de pressão sonora (em dB) |    |    |    |    |    |    |    |    |    | L <sub>Aeq</sub> |
|-----------|---------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------------------|
|           | 1                               | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 |                  |
| Sala      | 44                              | 38 | 34 | 32 | 42 | 31 | 37 | 35 | 41 | 42 | 40               |
| Quarto 01 | 40                              | 31 | 35 | 36 | 30 | 39 | 34 | 40 | 42 | 44 | 39               |
| Quarto 02 | 36                              | 39 | 35 | 32 | 30 | 36 | 36 | 43 | 35 | 46 | 39               |

Tabela 21: Nível de pressão sonora na unidade A8 do C. H. Nápoles

**Casa A8 - Conjunto Habitacional Nápoles - São José dos Pinhais**

|           | Nível de pressão sonora (em dB) |    |    |    |    |    |    |    |    |    | L <sub>Aeq</sub> |
|-----------|---------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------------------|
|           | 1                               | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 |                  |
| Sala      | 42                              | 38 | 42 | 40 | 43 | 43 | 34 | 44 | 39 | 41 | 41               |
| Quarto 01 | 39                              | 44 | 35 | 39 | 44 | 39 | 36 | 41 | 36 | 39 | 40               |
| Quarto 02 | 38                              | 40 | 36 | 33 | 40 | 49 | 43 | 46 | 41 | 47 | 44               |

Tabela 22: Nível de pressão sonora na unidade B3 do C. H. Nápoles

**Casa B3\* - Conjunto Habitacional Nápoles - São José dos Pinhais**

|           | Nível de pressão sonora (em dB) |    |    |    |    |    |    |    |    |    | L <sub>Aeq</sub> |
|-----------|---------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------------------|
|           | 1                               | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 |                  |
| Sala      | 45                              | 51 | 44 | 42 | 48 | 47 | 40 | 44 | 42 | 35 | 46               |
| Quarto 01 | 42                              | 39 | 42 | 39 | 44 | 38 | 44 | 37 | 36 | 35 | 41               |
| Quarto 02 | -                               | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -                |

\* unidade localizada próximo à fonte de som (betoneira)

Tabela 23: Nível de pressão sonora na unidade C1 do C. H. Nápoles

**Casa C1 - Conjunto Habitacional Nápoles - São José dos Pinhais**

|           | Nível de pressão sonora (em dB) |    |    |    |    |    |    |    |    |    | L <sub>Aeq</sub> |
|-----------|---------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------------------|
|           | 1                               | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 |                  |
| Sala      | 38                              | 42 | 45 | 37 | 33 | 36 | 36 | 40 | 30 | 31 | 39               |
| Quarto 01 | 30                              | 28 | 27 | 32 | 30 | 38 | 37 | 41 | 38 | 33 | 36               |
| Quarto 02 | 28                              | 29 | 37 | 35 | 40 | 42 | 35 | 38 | 31 | 34 | 37               |

Tabela 24: Nível de pressão sonora na unidade D13 do C. H. Nápoles

**Casa D13 - Conjunto Habitacional Nápoles - São José dos Pinhais**

|           | Nível de pressão sonora (em dB) |    |    |    |    |    |    |    |    |    | L <sub>Aeq</sub> |
|-----------|---------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------------------|
|           | 1                               | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 |                  |
| Sala      | 30                              | 33 | 27 | 29 | 30 | 31 | 35 | 40 | 36 | 32 | 34               |
| Quarto 01 | 28                              | 27 | 32 | 33 | 35 | 39 | 33 | 33 | 30 | 28 | 33               |
| Quarto 02 | 29                              | 29 | 32 | 33 | 35 | 35 | 29 | 31 | 30 | 32 | 32               |

Tabela 25: Nível de pressão sonora na unidade D14 do C. H. Nápoles

**Casa D14 - Conjunto Habitacional Nápoles - São José dos Pinhais**

|           | Nível de pressão sonora (em dB) |    |    |    |    |    |    |    |    |    | L <sub>Aeq</sub> |
|-----------|---------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------------------|
|           | 1                               | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 |                  |
| Sala      | 28                              | 28 | 31 | 38 | 32 | 33 | 33 | 33 | 34 | 40 | 35               |
| Quarto 01 | 27                              | 28 | 33 | 36 | 32 | 30 | 39 | 41 | 34 | 32 | 35               |
| Quarto 02 | 33                              | 25 | 28 | 30 | 34 | 28 | 30 | 35 | 37 | 41 | 35               |

Tabela 26: Nível de pressão sonora na unidade I2 do C. H. Nápoles

| <b>Casa I2 - Conjunto Habitacional Nápoles - São José dos Pinhais</b> |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |           |
|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----------|
| Nível de pressão sonora (em dB)                                       |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |           |
|   | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | $L_{Aeq}$ |
| Sala  | 34 | 33 | 33 | 38 | 35 | 34 | 33 | 31 | 32 | 30 | 34        |
| Quarto 01   | 36 | 37 | 32 | 31 | 33 | 30 | 29 | 30 | 29 | 31 | 33        |
| Quarto 02   | 31 | 34 | 32 | 36 | 32 | 43 | 42 | 38 | 37 | 40 | 38        |

Tabela 27 Nível de pressão sonora na unidade I4 do C. H. Nápoles

| <b>Casa I4 - Conjunto Habitacional Nápoles - São José dos Pinhais</b> |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |           |
|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----------|
| Nível de pressão sonora (em dB)                                       |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |           |
|   | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | $L_{Aeq}$ |
| Sala  | 27 | 30 | 27 | 26 | 28 | 28 | 33 | 29 | 27 | 28 | 29        |
| Quarto 01   | 29 | 29 | 25 | 26 | 27 | 31 | 30 | 27 | 26 | 29 | 28        |
| Quarto 02   | 29 | 25 | 26 | 29 | 27 | 28 | 27 | 33 | 27 | 29 | 29        |

Tabela 28: Nível de pressão sonora na unidade I16 do C. H. Nápoles

| <b>Casa I16 - Conjunto Habitacional Nápoles - São José dos Pinhais</b> |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |           |
|--|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----------|
| Nível de pressão sonora (em dB)  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |           |
|  | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | $L_{Aeq}$ |
| Sala   | 38 | 35 | 35 | 31 | 28 | 29 | 40 | 31 | 33 | 38 | 35        |
| Quarto 01  | 39 | 30 | 32 | 30 | 30 | 28 | 27 | 34 | 35 | 42 | 35        |
| Quarto 02  | 28 | 29 | 29 | 35 | 33 | 31 | 32 | 34 | 40 | 42 | 36        |

Tabela 29: Nível de pressão sonora na unidade G20 do C. H. Nápoles

| <b>Casa G20 - Conjunto Habitacional Nápoles - São José dos Pinhais</b> |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |           |
|--|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----------|
| Nível de pressão sonora (em dB)  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |           |
|  | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | $L_{Aeq}$ |
| Sala   | 45 | 43 | 34 | 32 | 29 | 29 | 29 | 32 | 26 | 27 | 38        |
| Quarto 01  | 48 | 44 | 36 | 32 | 33 | 32 | 33 | 43 | 33 | 30 | 41        |
| Quarto 02  | 40 | 33 | 36 | 36 | 33 | 42 | 41 | 37 | 40 | 33 | 38        |

Tabela 30: Nível de pressão sonora na unidade J20 do C. H. Nápoles

| <b>Casa J20 - Conjunto Habitacional Nápoles - São José dos Pinhais</b> |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |           |
|--|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----------|
| Nível de pressão sonora (em dB)  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |           |
|  | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | $L_{Aeq}$ |
| Sala   | 38 | 34 | 39 | 42 | 41 | 42 | 35 | 31 | 32 | 36 | 39        |
| Quarto 01  | 36 | 28 | 28 | 31 | 32 | 39 | 41 | 45 | 39 | 34 | 38        |
| Quarto 02  | 29 | 35 | 36 | 41 | 39 | 42 | 36 | 36 | 37 | 41 | 38        |

### 5.2.1 Análise dos resultados

Para fins de análise, os dados obtidos foram comparados aos valores máximos dos parâmetros descritos na NBR 10152/1987, por essa apresentar-se mais objetiva e mensurar valores específicos para residências. Sendo assim,

observou-se que todos níveis de pressão sonora equivalente obtidos, em todas as unidades habitacionais estudadas, atendem ao limite superior descrito pela Norma, tanto para salas, quanto para dormitórios.

Porém, além dessa análise primária, outras informações intrínsecas podem ser observadas. Por exemplo, é perceptível o aumento no nível de pressão sonora advindo com a ocupação do conjunto, para regiões equivalentes, houve o aumento de 5 dB nas salas e 2 dB nos dormitórios, conforme demonstrado na tabela 31:

**Tabela 31: Nível de pressão sonora equivalente**

| <b>Média do nível de pressão sonora equivalente (em dB)</b> |                  |                |
|---|------------------|----------------|
|   | <b>Marambaia</b> | <b>Nápoles</b> |
| <b>Salas</b>  | <b>42</b>        | <b>37</b>      |
| <b>Dormitórios</b>  | <b>38</b>        | <b>36</b>      |

Fonte: Autoria própria

No caso do conjunto Nápoles, em obras, é possível correlacionar ainda os níveis obtidos com a posição de implantação da unidade em relação ao lote. Excluindo a unidade B3, devido à presença de uma fonte de ruído muito próxima e destoante da realidade, as demais unidades com os maiores valores obtidos (A2, A8, G20 e J20) estão implantadas na periferia do lote ou próximo dela, conseqüentemente, próximo à Av. Guatupe, principal via de acesso, e à R. João Fraga Neto, nos fundos do lote.

Como característica global das unidades habitacionais entregues pela COHAPAR, foi possível concluir que são atendidos os requisitos mínimos de desempenho acústico no interior da habitação, mesmo após a ocupação, quando em situações normais de uso da unidade e do entorno. Esse fato possivelmente é presenciado devido às características da região onde os conjuntos habitacionais geralmente são implantados, ou seja, regiões predominantemente residenciais, com baixo fluxo de veículos e baixa densidade populacional, e também por serem unidades térreas, isoladas ou agrupadas, na sua maioria, duas a duas.

### 5.3 DESEMPENHO LUMÍNICO

A avaliação do desempenho lumínico das habitações foi feita com base em dados coletados *in loco* e também nos projetos arquitetônicos fornecidos pela COHAPAR.

Para as medições *in loco* foi utilizado um Luxímetro, LDR-380, da marca Instrutherm, conforme Imagem 8:



Imagem 8: Luxímetro, LDR -380, Instrutherm

Para esse estudo, dada a dificuldade de obtenção de dados noturnos, tanto no conjunto habitado quanto no em obras, foram coletados dados que possibilitam apenas a análise do requisito de iluminação natural apresentado na NBR 15575-1 (2013).

As medições foram feitas nos dias 4, 5 e 6 de fevereiro de 2014, dias ensolarados e com céu claro, não sendo possível o atendimento à Norma, que sugere que medições sejam feitas em dias semi-encobertos.

#### 5.3.1 Iluminação natural

Para avaliação da iluminação natural das habitações da COHAPAR, foram feitas análises a partir dos valores obtidos *in loco* em 13 e 14 unidades nos conjuntos habitacionais Marambaia e Nápoles, respectivamente, a serem comparadas às exigências da NBR 15575-1 (2013) no critério de simulação, e da

NBR 5413 (1992) a respeito dos níveis mínimos de iluminância dos ambientes, conforme Tabela 32:

**Tabela 32: Valores mínimos de iluminância geral dos ambientes, conforme NBR 15575-1 e NBR 5413**

| <b>Valores de iluminância geral dos ambientes</b> |             |          |
|---|-------------|----------|
|   | NBR 15575-1 | NBR 5413 |
| Sala de estar                                     | ≥ 60        | 150      |
| Dormitórios                                       | ≥ 60        | 150      |
| Cozinha   | ≥ 60        | 150      |
| Área de serviço                                   | ≥ 60        | -        |

Fonte: NBR 15575-1 e NBR 5413

Para as medições no conjunto Marambaia, já habitado, buscou-se a melhor condição de iluminação natural do ambiente com desobstrução das aberturas e ausência de anteparos sempre que possível. Os ambientes eram predominantemente brancos, salvo os que, apesar da cor das paredes e teto, estavam cobertos por móveis e/ou objetos. As medições de iluminância externa foram feitas no ponto de sombra mais próximo à edificação, geralmente próximo aos muros de divisa de lotes ou separação de unidades. O dia estava claro, com presença de nuvens esporádicas. Os dados de iluminância coletados estão dispostos na Tabela 31, onde o não atendimento à pelo menos uma nas Normas está marcado em vermelho:

**Tabela 33: Dados de iluminância obtidos no Conjunto Habitacional Marambaia, em Colombo.**

| <b>Iluminância (em lux) - C.H Marambaia - Colombo</b> |      |      |         |              |              |                   |
|---|------|------|---------|--------------|--------------|-------------------|
| U. Habit.   |      | SALA | COZINHA | DORMITÓRIO 1 | DORMITÓRIO 2 | EXTERIOR A SOMBRA |
| Bloco   | Casa |      |         |              |              |                   |
| 01  | 07   | 205  | 246     | 106          | 404          | 5213              |
| 01  | 22   | 175  | 133     | 130          | 88           | 3070              |
| 02  | 03   | 309  | 281     | 148          | 245          | 7820              |
| 02  | 06   | 124  | 187     | 121          | 385          | 6790              |
| 03  | 14   | 471  | 301     | -            | 287          | 4970              |
| 04  | 11   | 586  | 295     | 475          | 188          | 9512              |
| 04  | 23   | 142  | 213     | 245          | 134          | 3070              |
| 04  | 25   | 214  | 111     | 125          | 189          | 3680              |
| 04  | 45   | 345  | 630     | 275          | 471          | 8390              |
| 05  | 11   | 229  | 96      | 302          | -            | 4750              |
| 06  | 01   | 89   | 121     | 175          | 149          | 3920              |
| 06  | 10   | 136  | 329     | 412          | 278          | 5630              |
| 06  | 15   | 422  | 312     | 498          | 287          | 5680              |

\* os dormitórios em que não foi feita medição estavam ocupados e não puderam ser acessados

Fonte: Autoria própria

No conjunto Nápoles, em São José dos Pinhais, ao contrário de Colombo, as medições puderam ser feitas em situações mais adequadas e próximas do exigido pela Norma. Por ainda estar em obras, todas as medições foram feitas com o máximo de desobstrução das aberturas, em ambientes com paredes, piso e teto nas condições em que serão entregues, ambos em cores claras e/ou branco. As medições externas foram feitas na sombra gerada pelo beiral da própria unidade, nesse conjunto não existem muros entre as unidades habitacionais. O dia estava claro, com ausência de nuvens. Os dados de iluminância coletados estão na Tabela 34:

**Tabela 34: Dados de iluminância obtidos no Conjunto Habitacional Nápoles, em São José dos Pinhais.**

| <b>Iluminância (em lux) - C.H Nápoles - SJP</b> |      |         |              |              |                   |
|---|------|---------|--------------|--------------|-------------------|
| Unidade Habitacional                            | SALA | COZINHA | DORMITÓRIO 1 | DORMITÓRIO 2 | EXTERIOR A SOMBRA |
| <b>A2</b>                                       | 1390 | 1580    | 370          | 315          | 11200             |
| <b>A8</b>                                       | 1345 | 870     | 374          | 313          | 9100              |
| <b>B3</b>                                       | 763  | 301     | -            | 1088         | 8998              |
| <b>C1</b>                                       | 978  | 556     | 401          | 439          | 4130              |
| <b>C8</b>                                       | 1289 | 785     | 556          | 689          | 8973              |
| <b>C15</b>                                      | 1423 | 1225    | 895          | 701          | 12513             |
| <b>D13</b>                                      | 699  | 574     | 789          | 813          | 7890              |
| <b>D14</b>                                      | 1345 | 1002    | 630          | 785          | 6587              |
| <b>G1</b>                                       | 651  | 423     | 289          | 421          | 9312              |
| <b>I2</b>                                       | 1354 | 772     | 958          | 832          | 10730             |
| <b>I4</b>                                       | 787  | 782     | 657          | 517          | 9350              |
| <b>I16</b>                                      | 889  | 1023    | 596          | 712          | 7845              |
| <b>G20</b>                                      | 1082 | 639     | 433          | 377          | 11560             |
| <b>J20</b>                                      | 748  | 850     | 1147         | 969          | 6462              |

\*o dormitório 1 da casa B3 estava trancado para depósito de materiais

Fonte: Autoria própria

### 5.3.1.1 Análise dos resultados

Feitas as medições e obtidos os dados acima expostos é possível identificar algumas situações peculiares quanto ao atendimento das exigências dispostas nas duas NBRs.

Em todos os ambientes analisados, de todas as edificações, nos dois conjuntos habitacionais, o valor mínimo exigido pela NBR 15575-1 (2013) foi

facilmente superado. No entanto, para a exigência da NBR 5413 (1992) algumas leituras feitas no conjunto habitacional Marambaia, em Colombo, não atingiram o nível mínimo para o conforto lumínico do usuário, conforme Tabela 35:

**Tabela 35: Atendimento à exigência de nível de Iluminância dos ambientes, C. H. Marambaia**

| <b>Iluminância (em lux) - C.H Marambaia - Colombo</b> |            |            |              |              |
|---|------------|------------|--------------|--------------|
|   | SALA       | COZINHA    | DORMITÓRIO 1 | DORMITÓRIO 2 |
| <b>Média</b>  | 265,12     | 250,37     | 251,08       | 258,77       |
| <b>Atendem à exigência</b>                            | 69%        | 69%        | 58%          | 75%          |
| <b>Não atendem à exigência</b>                        | <b>31%</b> | <b>31%</b> | <b>42%</b>   | <b>25%</b>   |
| <b>Medições total</b>                                 | 13         | 13         | 12           | 12           |

Fonte: Autoria própria

Além da conclusão de não atendimento à Norma, a diferença dos valores obtidos nas medições dos dois conjuntos habitacionais, bem como a análise desses dados, levantam novamente os fatores aderentes à realidade observada nas habitações após a sua ocupação, que por muitas vezes é inadequada. Nas unidades estudadas, durante a visita *in loco*, algumas situações puderam ser observadas, entre elas:

- acúmulo de materiais e móveis na maior parte das superfícies de parede, com isso, alteração significativa nos valores de Absortância à radiação solar observados nas superfícies do interior da edificação;
- mudança na cor original das paredes, emprego de cores escuras em alguns casos;
- construção e incorporação de elementos anexos à habitação originalmente entregue, gerando obstrução da entrada de luz pelas aberturas, por exemplo: muros, portões, divisórias, edículas, área de serviço, e outros;
- obstrução interna das aberturas, tanto na movimentação das folhas quando da área de entrada de luz.

No caso do conjunto habitacional Nápoles, os altos níveis de iluminância percebidos, apesar de atenderem à Norma, também são prejudiciais para o conforto lumínico do usuário. Segundo SPANNENBER (2006), valores excessivos, geralmente acima de 2000 lux, podem causar ofuscamento, aumento de contraste e incômodo, mesmo em ambientes residenciais.

Para esse caso, tendo como parâmetro a realidade do conjunto Marambaia, espera-se que a ocupação traga outra condição de conforto lumínico, reduzindo os níveis atuais à outros mais confortáveis.

Dadas as medições em ambos os conjuntos é possível concluir que, de uma maneira geral, as habitações entregues pela COHAPAR tem níveis satisfatórios de desempenho lumínico no requisito de iluminação natural. Porém, se comparados os dados obtidos em ambos os conjuntos, é possível concluir também que, em número considerável, o bom desempenho não é mantido após a ocupação.

## 6 CONCLUSÃO

Considerando as análises realizadas, somadas às percepções obtidas nas visitas *in loco*, bem como as pesquisas pautadas em bibliografias e Normas técnicas aplicáveis a esses casos, algumas conclusões podem ser apontadas como objeto final desse trabalho.

A começar pelas características pouco perceptíveis em projeto, e sim vistas *in loco*, tem-se as mudanças vistas no cenários de pós-ocupação das unidades. Nesse cenário, foi possível perceber que muitas das características originais das unidades habitacionais são drasticamente modificadas logo após a ocupação, conforme a necessidade de cada família. Nesse sentido, mesmo que atendendo às condições de desempenho térmico, acústico e lumínico, no ato da entrega, as edificações acabam ficando à mercê das adequações feitas pelos moradores, que à sua vez são leigos e buscam alterar de forma à lhes trazer maior conforto, sob o ponto de vista de um ou outro item.

A falta de percepção dos moradores referente a todos os fatores inerentes àquelas alterações implica, como visto, em perdas significativas dos desempenhos estudados. Se analisados que existem outros desempenhos isolados importantes na análise global do desempenho daquela unidade, pode-se afirmar que outros parâmetros são infringidos pelas modificações feitas.

Nesse sentido, como solução ao problema, ficou evidente a necessidade de esclarecimentos e conscientização do morador, possivelmente feitas por meio do Manual de Uso e Operação da unidade habitacional. Considerando a possibilidade de que esse instrumento não seja suficiente, estudos podem ser feitos, ainda na fase de projeto, afim de prever as necessidades dos moradores e conseqüentemente as alterações, modificações e adaptações que muito possivelmente serão feitas. Antecipar-se à essa situação pode melhorar significativamente os projetos arquitetônicos atualmente praticados, bem como, não sendo possível o atendimento a todos os itens ainda na entrega, as adequações previstas podem ser repassadas ao morador como sugestão.

Outro ponto observado, dado o não atendimento dos valores mínimos de aberturas destinadas à ventilação, no caso do conjunto Marambaia, em Colombo, é

a deficiência nas descrições do Código de Obras do município, bem como, no processo de análise de projetos para obtenção de alvarás de construção. No caso do código de obras de Colombo, não fica clara a necessidade de abertura real destinada à ventilação. São limitados os valores mínimos de abertura em relação a área de piso, porém, destinadas ao conjunto iluminação + ventilação. Enquanto que, na lei municipal de São José dos Pinhais, apesar de constar a observação pouco destacada da necessidade de que da área total da abertura ao menos 50% seja destinada à ventilação, essa informação não pode ser verificada nos itens obrigatórios apresentados ao departamento de Urbanismo para aprovação do projeto.

Diante disso, faz-se necessária a revisão das normativas municipais que dispõem sobre os requisitos mínimos de atendimento dos projetos, visando a adequação à NBR 15575/2013 bem como, a melhoria nos processos de verificação dos projetos feitos pelas prefeituras.

Problema similar aos vistos nas leis municipais, pôde ser percebido também na própria NBR 15575 (2013), em todas as suas partes. Várias das exigências e orientações não dispõem da clareza necessária para uma análise confiável. São descritos parâmetros pouco confiáveis, por exemplo no caso do fator de luminosidade – FLD, na análise do desempenho lumínico, e nos valores de Transmitância Térmica, no desempenho térmico. Outro fator complicador, nesse mesmo sentido, é a citação de outras normas (em alguns casos de outros países) sem a devida compatibilização de informações, ou ainda, normas pouco aplicáveis à realidade do país.

Com esse trabalho também foi possível concluir que, no caso das unidades habitacionais entregues pela COHAPAR – Companhia de Habitação do Paraná, os projetos atualmente praticados não são replicáveis em todas as regiões do estado. É necessário um estudo mais profundo de cada região para elaboração de projetos que atendam às condicionantes climáticas específicas daquela região. Dada a diversidade encontrada no estado e a variação das exigências de desempenho conforme cada Zona Bioclimática, é possível concluir que uma unidade construída na região de Curitiba, adequada à todos os requisitos, não teria o mesmo desempenho se construída no norte ou oeste do estado.

Por fim, observando que com o Programa de Aceleração do Crescimento – PAC e através do Minha Casa Minha Vida, agora na sua segunda fase (2011-2014),

o governo nacional pretende construir 2 milhões de moradias, sendo 60% delas voltadas para famílias de baixa renda (BRASIL, 2011), fica evidente a necessidade de estudos mais aprofundados acerca dos projetos arquitetônicos das unidades habitacionais atualmente entregues, visando não só o atendimento à NBR 15575/2013 como também à qualidade de vida dos moradores. Dada a vastidão do país e a diversidade climática encontrada, a padronização de projetos sem as devidas considerações acerca de desempenho, conforto e qualidade, distorce o compromisso principal do programa que, além de suprir o déficit habitacional, deve proporcionar condições dignas de moradia aos usuários.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220: Desempenho térmico de edificações**. Partes 1 – 5. Rio de Janeiro, RJ, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575: Edificações habitacionais – Desempenho**. Partes 1 - 6. Rio de Janeiro, RJ, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5413: Iluminância de interiores**. Rio de Janeiro, RJ, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10152: Níveis de ruído para conforto acústico**. Rio de Janeiro, RJ, 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10151: Acústica – Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento**. Rio de Janeiro, RJ, 2000.

BORGES, Carlos Alberto. O significado de desempenho nas edificações. **Construção Mercado**, São Paulo, ed. 103, fev. 2010. Disponível em <<http://construcaomercado.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/103/norma-de-desempenho-o-significado-de-desempenho-nas-edificacoes-282364-1.aspx>>. Acesso em 05 de setembro de 2013.

BUENO, Cristiane: **Avaliação do desempenho ambiental de edificações habitacionais**: análise comparativa dos sistemas de certificação no contexto brasileiro. São Carlos, SP, 2010.

BRASIL. Ministério das Cidades. **Experiências em Habitação de Interesse Social no Brasil**. Brasília, DF, 2007. Disponível em:<[http://www.cidades.gov.br/images/stories/ArquivosSNH/ArquivosPDF/AT\\_internet.pdf](http://www.cidades.gov.br/images/stories/ArquivosSNH/ArquivosPDF/AT_internet.pdf)>. Acesso em 22 de agosto de 2013.

BRASIL. Ministério das Cidades. **Demanda por Moradia no Brasil 20010-2023:** Uma abordagem demográfica. Brasília, DF, 2009. Disponível em: <[http://www.cidades.gov.br/images/stories/ArquivosSNH/ArquivosPDF/Demanda\\_Futura\\_por\\_Moradias\\_Uma\\_visao\\_Demografica\\_rev\\_%2026-03-2010.pdf](http://www.cidades.gov.br/images/stories/ArquivosSNH/ArquivosPDF/Demanda_Futura_por_Moradias_Uma_visao_Demografica_rev_%2026-03-2010.pdf)>. Acesso em 22 de agosto de 2013.

BRASIL. Ministério das Cidades. **Minha Casa Minha Vida.** Brasília, DF, 2011. Disponível em: <<http://www.pac.gov.br/minha-casa-minha-vida>>. Acesso em 8 de março de 2014.

CBIC; Câmara Brasileira da Indústria da Construção. **Desempenho em Edificações Habitacionais:** Guia orientativo para atendimento à norma ABNT NBR 15575/2013. Brasília, DF, 2013.

COLOMBO. **Lei 879/2004:** Lei do código de obras do município de Colombo. Secretaria do Urbanismo, Colombo, PR, 2004.

DESEMPENHO Revisado. **Techne**, São Paulo, ed. 192, p. 12, mar. 2012.

DORNELLES, Karen A. **Absortância solar de superfícies opacas:** métodos de determinação e base de dados para tintas látex acrílica e PVA. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2008.

ELETROBRÁS. **Manual para aplicação do RTQ-R.** Versão 1. UFSC, Florianópolis, 2013.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO/CENTRO DE ESTATÍSTICA E INFORMAÇÕES, Ministério das Cidades. **Déficit habitacional no Brasil 2008.** Belo Horizonte, MG, 2011.

INTERNACIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 6241: 1984 Performance standards in bulding:** principles for their preparation and factors to be considered. USA, 1984.

KRUGER, E.L. **Tecnologias apropriadas**. Publicação do programa de pós graduação em tecnologia – PPGTEC. CEFET-PR, Curitiba, PR, 2000.

MARTINS, Juliana. Desempenho no projeto. **Techne**, São Paulo, ed. 194, maio 2013. Disponível em <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/194/artigo294082-2.aspx>> Acesso em 14 de setembro de 2013.

MONTEIRO, Barbara K. ADDOR, Miriam. **Arquitetura e Desempenho: desafios e oportunidades**. Brasília, DF, 2013. Disponível em <<http://www.caudf.org.br/portal/images/CAUDF/pdfs/PalestraBarbaraKelchMiriamAddor.pdf>>. Acesso em 04 de setembro de 2013.

NASCIMENTO, Denise M.; BRAGA, Raquel C. de Q. **Déficit habitacional: um problema a ser resolvido ou uma lição a ser aprendida?**. Revista de pesquisa em arquitetura e urbanismo, EESC-USP. Belo Horizonte, MG, 2009.

ONO, Rosaria. Parâmetros para garantia da qualidade do projeto de segurança contra incêndio em edifícios altos. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, RS v.7, n.1, p.97-113, jan./mar.2007.

PARANÁ, Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba – COMEC. **População total, urbana e rural da RMC e área dos municípios da RMC**. Disponível em <<http://www.comec.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=58>> Acesso em 19 de fevereiro de 2014.

PARANÁ, Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba – COMEC. **Entrega de 66 casas conclui residencial em Colombo**. Disponível em <<http://www.comec.pr.gov.br/modules/noticias/article.php?storyid=1028>> Acesso em 21 de fevereiro de 2014.

RANIÉRI, C.F. *et al.* **Análise climática para a cidade de Curitiba/PR**. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG, 2005.

RORIZ, Maurício; CHVATAL, Karin M. S.; CAVALCANTI, Fernando S. **Sistemas construtivos de baixa resitência térmica podem proporcionar mais conforto**. X Encontro Nacional e VI Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído. Natal, RN, 2009.

SALGADO, Mônica S. **Arquitetura, Materias e Tecnologia**, Capítulo 1: Requisitos de desempenho da edificação. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, UFRJ. Rio de Janeiro, RJ, 2011. Disponível em <[http://nova.fau.ufrj.br/material\\_didatico/FAT360-%20%20Apostila%20PC3.pdf](http://nova.fau.ufrj.br/material_didatico/FAT360-%20%20Apostila%20PC3.pdf)> Acesso em 05 de setembro de 2013.

SANTOS, Iara G. dos; DORNELLES, Kelen A.; SOUZA Roberta V; de. **Absortância solar de superfícies e o regulamento brasileiro para eficiência energética de edifícios**. ENTAC – XIII Econtro nacional de tecnologia do ambiente construído. Canela, RS, 2010.

SÃO JOSÉ DOS PINHAIS. **Lei N°44/91**. Modifica a lei n°27/86 de 02/12/1986 e dá outras providências. Secretaria de Urbanismo, São José dos Pinhais, PR, 2013.

SINGER, Paul; **Econômia política da urbanização**. Contexto. São Paulo, SP, 2002.

TAMAKI, Luciana. Vale o desempenho. **Techne**, São Paulo, ed. 158, p.32-34, maio, 2010.

SIQUEIRA, Tulio C. P. A, *et al*; **Dados Climáticos para avaliação de desempenho térmico de edificações**. Esc. Minas, Ouro Preto, MG, 2005.

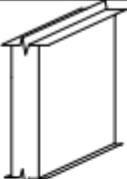
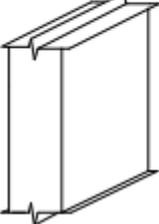
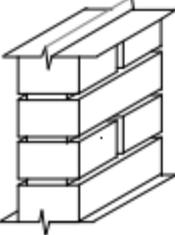
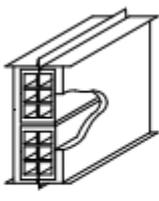
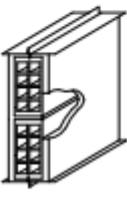
SPANNENBERG, Mariane. **Análise do desempenho térmico, acústico e lumínico em HIS**: Estudos de caso em Manau – RS. UFSC, Florianópolis, SC, 2006.

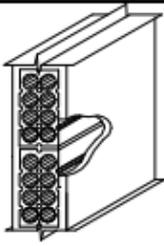
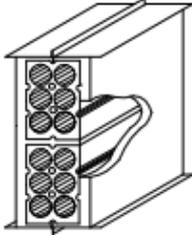
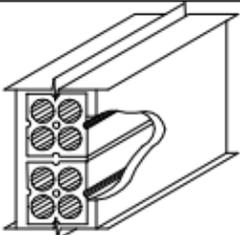
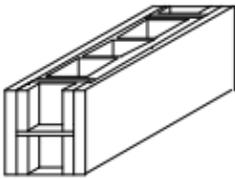
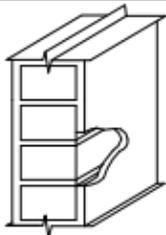
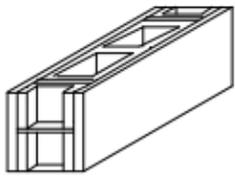
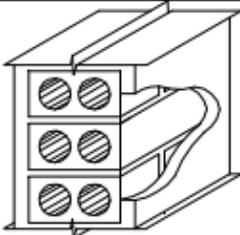
VECCHIA, Francisco. **Estudo comparativo do comportamento térmico de quatro sistemas de cobertura. Um estudo experimental para a reação frente ao calor**. Escola de engenharia de São Carlos, São Carlos, SP, 1998.

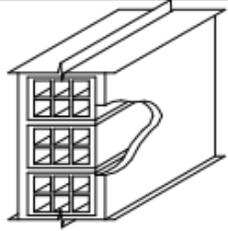
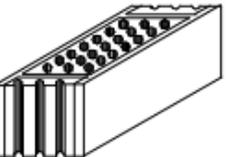
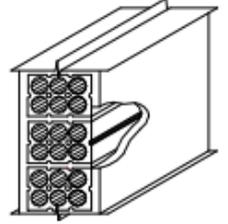
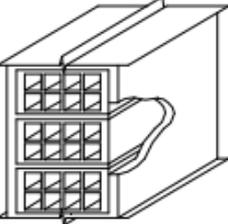
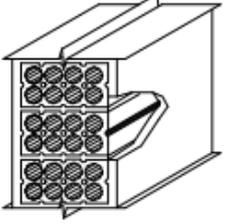
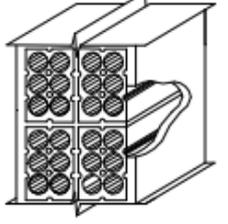
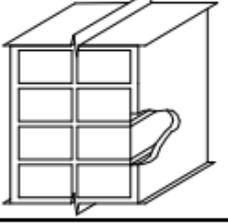
VERÍSSIMO, Maria E.Z; MENDONÇA, Francisco de A. **Algumas considerações sobre o clima urbano de Curitiba**. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2003.

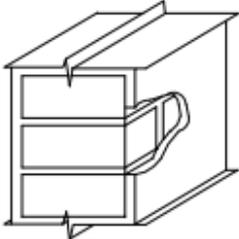
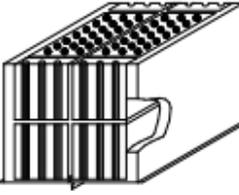
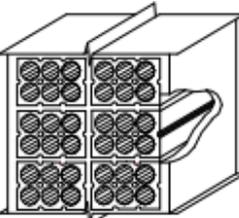
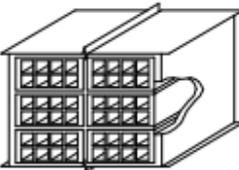
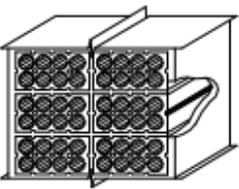
ANEXO A – TRANSMITÂNCIA TÉRMICA, CAPACIDADE TÉRMICA E  
ATRASO TÉRMICO PARA ALGUMAS PAREDES.

Valores obtidos na NBR 15220 (2003) e expostos no Quadro A.1 a seguir:

| Parede  | Descrição  | U [W/(m <sup>2</sup> .K)] | C <sub>T</sub> [kJ/(m <sup>2</sup> .K)] | φ [horas] |
|---|--|---------------------------|---|-----------|
|    | Parede de concreto maciço<br>Espessura total da parede: 5,0 cm   | 5,04                      | 120                                     | 1,3       |
|   | Parede de concreto maciço<br>Espessura total da parede: 10,0 cm  | 4,40                      | 240                                     | 2,7       |
|  | Parede de tijolos maciços aparentes<br>Dimensões do tijolo: 10,0x6,0x22,0 cm<br>Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm<br>Espessura total da parede: 10,0 cm   | 3,70                      | 149                                     | 2,4       |
|  | Parede de tijolos 6 furos quadrados, assentados na menor dimensão<br>Dimensões do tijolo: 9,0x14,0x19,0 cm<br>Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm<br>Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm<br>Espessura total da parede: 14,0 cm | 2,48                      | 159                                     | 3,3       |
|  | Parede de tijolos 8 furos quadrados, assentados na menor dimensão<br>Dimensões do tijolo: 9,0x19,0x19,0 cm<br>Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm<br>Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm<br>Espessura total da parede: 14,0 cm | 2,49                      | 158                                     | 3,3       |

| Parede  | Descrição   | U [W/(m <sup>2</sup> .K)] | C <sub>T</sub> [kJ/(m <sup>2</sup> .K)] | φ [horas] |
|---|---|---------------------------|---|-----------|
|    | Parede de tijolos de 8 furos circulares, assentados na menor dimensão<br>Dimensões do tijolo: 10,0x20,0x20,0 cm<br>Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm<br>Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm<br>Espessura total da parede: 15,0 cm | 2,24                      | 167                                     | 3,7       |
|    | Parede de tijolos de 6 furos circulares, assentados na menor dimensão<br>Dimensões do tijolo: 10,0x15,0x20,0 cm<br>Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm<br>Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm<br>Espessura total da parede: 15,0 cm | 2,28                      | 168                                     | 3,7       |
|   | Parede com 4 furos circulares<br>Dimensões do tijolo: 9,5x9,5x20,0 cm<br>Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm<br>Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm<br>Espessura total da parede: 14,5 cm   | 2,49                      | 186                                     | 3,7       |
|  | Parede de blocos cerâmicos de 3 furos<br>Dimensões do bloco: 13,0x28,0x18,5 cm<br>Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm<br>Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm<br>Espessura total da parede: 18,0 cm                                  | 2,43                      | 192                                     | 3,8       |
|  | Parede de tijolos maciços, assentados na menor dimensão<br>Dimensões do tijolo: 10,0x6,0x22,0 cm<br>Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm<br>Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm<br>Espessura total da parede: 15,0 cm                | 3,13                      | 255                                     | 3,8       |
|  | Parede de blocos cerâmicos de 2 furos<br>Dimensões do bloco: 14,0x29,5x19,0 cm<br>Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm<br>Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm<br>Espessura total da parede: 19,0 cm                                  | 2,45                      | 203                                     | 4,0       |
|  | Parede de tijolos com 2 furos circulares<br>Dimensões do tijolo: 12,5x6,3x22,5 cm<br>Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm<br>Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm<br>Espessura total da parede: 17,5 cm                               | 2,43                      | 220                                     | 4,2       |

| Parede  | Descrição   | U [W/(m <sup>2</sup> .K)] | C <sub>T</sub> [kJ/(m <sup>2</sup> .K)] | φ [horas] |
|---|---|---------------------------|---|-----------|
|    | Parede de tijolos de 6 furos quadrados, assentados na maior dimensão<br>Dimensões do tijolo: 9,0x14,0x19,0 cm<br>Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm<br>Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm<br>Espessura total da parede: 19,0 cm         | 2,02                      | 192                                     | 4,5       |
|    | Parede de tijolos de 21 furos circulares, assentados na menor dimensão<br>Dimensões do tijolo: 12,0x11,0x25,0 cm<br>Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm<br>Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm<br>Espessura total da parede: 17,0 cm      | 2,31                      | 227                                     | 4,5       |
|    | Parede de tijolos de 6 furos circulares, assentados na maior dimensão<br>Dimensões do tijolo: 10,0x15,0x20,0 cm<br>Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm<br>Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm<br>Espessura total da parede: 20,0 cm       | 1,92                      | 202                                     | 4,8       |
|  | Parede de tijolos de 8 furos quadrados, assentados na maior dimensão<br>Dimensões do tijolo: 9,0x19,0x19,0 cm<br>Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm<br>Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm<br>Espessura total da parede: 24,0 cm         | 1,80                      | 231                                     | 5,5       |
|  | Parede de tijolos de 8 furos circulares, assentados na maior dimensão<br>Dimensões do tijolo: 10,0x20,0x20,0 cm<br>Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm<br>Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm<br>Espessura total da parede: 25,0 cm       | 1,61                      | 232                                     | 5,9       |
|  | Parede dupla de tijolos de 6 furos circulares, assentados na menor dimensão<br>Dimensões do tijolo: 10,0x15,0x20,0 cm<br>Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm<br>Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm<br>Espessura total da parede: 26,0 cm | 1,52                      | 248                                     | 6,5       |
|  | Parede dupla de tijolos maciços, assentados na menor dimensão<br>Dimensões do tijolo: 10,0x6,0x22,0 cm<br>Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm<br>Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm<br>Espessura total da parede: 26,0 cm                | 2,30                      | 430                                     | 6,6       |

| Parede  | Descrição  | U [W/(m <sup>2</sup> .K)] | C <sub>T</sub> [kJ/(m <sup>2</sup> .K)] | φ [horas] |
|---|--|---------------------------|---|-----------|
|    | Parede de tijolos maciços, assentados na maior dimensão<br>Dimensões do tijolo: 10,0x6,0x22,0 cm<br>Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm<br>Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm<br>Espessura total da parede: 27,0 cm                       | 2,25                      | 445                                     | 6,8       |
|    | Parede dupla de tijolos de 21 furos circulares, assentados na menor dimensão<br>Dimensões do tijolo: 12,0x11,0x25,0 cm<br>Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm<br>Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm<br>Espessura total da parede: 30,0 cm | 1,54                      | 368                                     | 8,1       |
|   | Parede dupla de tijolos de 6 furos circulares, assentados na maior dimensão<br>Dimensões do tijolo: 10,0x15,0x20,0 cm<br>Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm<br>Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm<br>Espessura total da parede: 36,0 cm  | 1,21                      | 312                                     | 8,6       |
|  | Parede dupla de tijolos de 8 furos quadrados, assentados na maior dimensão<br>Dimensões do tijolo: 9,0x19,0x19,0 cm<br>Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm<br>Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm<br>Espessura total da parede: 44,0 cm    | 1,12                      | 364                                     | 9,9       |
|  | Parede dupla de tijolos de 8 furos circulares, assentados na maior dimensão<br>Dimensões do tijolo: 10,0x20,0x20,0 cm<br>Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm<br>Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm<br>Espessura total da parede: 46,0 cm  | 0,98                      | 368                                     | 10,8      |

Quadro A.1: Transmitância Térmica, Capacidade Térmica e atraso térmico para algumas paredes.  
Fonte: NBR 15220 (2003).

ANEXO B – PROJETOS ARQUITETÔNICOS PADRÃO CF 35A E 40GEM