

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ
MARIANA IOP CAMPELO

**ANÁLISE DO DESEMPENHO TÉRMICO E ACÚSTICO DE EDIFICAÇÕES DE
UM CONJUNTO HABITACIONAL EM NOVA PRATA DO IGUAÇU- PR**

CASCATEL - PR
2017

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ
MARIANA IOP CAMPELO

**ANÁLISE DO DESEMPENHO TÉRMICO E ACÚSTICO DE EDIFICAÇÕES DE
UM CONJUNTO HABITACIONAL EM NOVA PRATA DO IGUAÇU- PR**

Trabalho apresentado na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do Curso de Engenharia Civil, do Centro Universitário Assis Gurgacz, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

**Professora Orientadora: Arquiteta e Urbanista
Mestre Janaína Bedin.**

CASCADEL - PR

2017

CENTRO UNIVERSITÁRIO FAG

MARIANA IOP CAMPELO

**ANÁLISE DO DESEMPENHO TÉRMICO E ACÚSTICO DE EDIFICAÇÕES DE UM
CONJUNTO HABITACIONAL EM NOVA PRATA DO IGUAÇU- PR**

Trabalho apresentado no Curso de Engenharia Civil, do Centro Universitário Assis Gurgacz, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, sob orientação do Professor (a) **Mestre Arquiteta e Urbanista Janaina Bedin**

BANCA EXAMINADORA

Orientador (a) Prof. **Mestre Janaina Bedin**
Centro Universitário Assis Gurgacz
Arquitetura e Urbanismo

Professor (a) **Especialista Ricardo Paganin**
Centro Universitário Assis Gurgacz
Engenharia Civil

Professor (a) **Especialista Rodrigo Techio Bressan**
Centro Universitário Assis Gurgacz
Engenharia Civil

Cascavel, 20 de novembro de 2017.

DEDICATÓRIA

“Dedico este trabalho aos meus pais, pelo amor e compreensão, por tudo que fizeram por mim ao longo de minha vida. Desejo poder ter sido merecedora do esforço dedicado por vocês em todos os aspectos, especialmente quanto a minha formação. A professora Janaína Bedin que sempre se dedicou, fazendo o seu melhor e contribuindo para minha formação profissional”.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades.

A meu namorado Andre por todo amor, companheirismo, compressão e colaboração, muito obrigada por ter estado ao meu lado nessa fase importante da minha vida.

A minha professora orientadora Janaína Bedin por ter sido um exemplo de bom profissional, sempre responsável, obrigada pela atenção e apoio durante o processo de definição e orientação.

Aos meus pais e irmãos, pelo amor, incentivo e apoio. E a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, muito obrigada.

RESUMO

O desenvolvimento da tecnologia na construção civil traz consigo novos métodos construtivos, considerados inovadores a exemplo da vedação com paredes de concreto moldadas *in loco*, o qual se apresenta como um sistema inovador e econômico com relação ao sistema convencional. Este trabalho teve o intuito de avaliar e analisar o conforto térmico e acústico em residências de um conjunto habitacional na cidade de Nova Prata do Iguaçu – PR, executados através do método construtivo descrito. A metodologia utilizada no trabalho consistiu na realização de medições *in loco*, utilizando os aparelhos Termo-higrômetro para a obtenção dos valores de temperatura e umidade, variáveis do conforto térmico do ambiente; e o Decibelímetro que realizou a aferição dos ruídos e sons emitidos nos ambientes internos e externos das residências. Os resultados foram comparados com as diretrizes construtivas orientadas pela ABNT NBR 15220 (2003), que trata do Desempenho térmico de edificações; e a ABNT NBR 15575 (2013), a qual aborda o desempenho das edificações; e a ABNT NBR 10152 (1987), que determina os Níveis de Ruído para Conforto Acústico. Os resultados demonstraram que as residências apresenta um nível de desconforto acústico e não possuem conforto térmico em relação a norma de desempenho térmico. A pesquisa verificou que com relação ao conforto térmico, as residências analisadas não atendem os parâmetros das normas estabelecidas, e os níveis de determinação de conforto acústico em relação à NBR 10152(1987), das 45 edificações analisadas, 34 residências, representando 75% da amostra, atendem as exigências no nível sonoro aceitável. Na análise da NBR 15220(2003) as residências com relação ao isolamento acústico estão em nível sonoro de desconforto, não atendendo as exigências da norma.

Palavras-Chaves: Conforto Térmico. Unidades Habitacionais. Conforto Acústico. Edificações.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização do conjunto habitacional.....	14
Figura 2: Vento e Rugosidade do terreno.....	18
Figura 3: Trocas de calos através de paredes opacas.....	19
Figura 4: Trocas de calor através de superfícies transparentes ou translúcidas.....	20
Figura 5: Zoneamento bioclimático brasileiro.....	22
Figura 6: Valores dB(A) e NC.....	23
Figura 7: Mapa com a localização do conjunto habitacional.....	26
Figura 8: Planta baixa da unidade tipo.....	26
Figura 9: Termo-higrômetro modelo MT-241.....	27
Figura 10: Planta baixa com a marcação dos pontos.....	28
Figura 11: Decibelímetro modelo DEC – 5010.....	29
Figura 12: Planta baixa com a marcação dos pontos.....	30
Figura 13: Indicando o zoneamento bioclimático brasileiro.....	32
Figura 14: Localização das edificações.....	36
Figura 15: Marcação dos pontos.....	37
Figura 16: Localização das unidades habitacionais.....	38
Figura 17: Localização das edificações com a orientação	38
Figura 18: Localização das edificações.....	42
Figura 19: Localização das edificações com relação a orientação.....	42
Figura 20: Zona Bioclimática 3.....	45
Figura 21: Aberturas para ventilação para a Zona Bioclimática 3.....	46
Figura 22: Parâmetros para dimensão das aberturas para ventilação.....	46
Figura 23: Tipos de vedações externas para a Zona Bioclimática 3.....	46
Figura 23: Tipos de vedações externas para a Zona Bioclimática 3.....	46
Figura 24: Parâmetros de transmitância térmica para paredes e cobertura.....	47
Figura 25: Estratégias de condicionamento térmico passivo para Zona Bioclimática 3.....	47
Figura 26: Orientação das edificações.....	49
Figura 27: Orientação das edificações.....	50
Figura 28: Transmitancia térmica.....	51
Figura 29: Diferença padronizada de nível entre ambientes, DnT,w, para ensaio de campo.....	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Tabela para levantamento dos dados de conforto térmico.....	28
Tabela 2: Tabela para levantamento dos dados de conforto acústico.....	30
Tabela 3: Valores das medições de temperatura e umidade.....	39
Tabela 4: Valores das medições de conforto acústico.....	40
Tabela 5: Valores das medições de temperatura e umidade.....	43
Tabela 6: Valores das medições de desempenho acústico.....	44
Tabela 7: Valores das medições de desempenho acústico.....	52

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1.....	11
1.1 INTRODUÇÃO.....	11
1.2 OBJETIVOS.....	12
1.2.1 Objetivo Geral.....	12
1.2.2 Objetivos Específicos.....	12
1.3 JUSTIFICATIVA.....	12
1.4 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA.....	13
1.5 FORMULAÇÃO DA HIPÓTESE.....	13
1.6 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA.....	13
CAPÍTULO 2.....	15
2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
2.1.1 Conforto Térmico.....	15
2.1.1.1 Variável do Conforto Térmico.....	16
2.1.1.2 Radiação Solar.....	16
2.1.1.3 Temperatura.....	16
2.1.1.4 Umidade.....	17
2.1.1.5 Vento.....	17
2.1.2 Índices de Conforto Térmico.....	18
2.1.3 Comportamento Térmico da Edificação.....	19
2.1.4 Conforto Acústico.....	20
2.1.5 NBR 15575/2013 – Desempenho em edificações habitacionais de até 5 pavimentos.....	21
2.1.6 NBR 15520/2003 – Desempenho térmico de edificações.....	22
2.1.7 NBR 10152/1987 – Níveis de ruídos para conforto acústico.....	23
CAPÍTULO 3.....	25
3.1 METODOLOGIA.....	25
3.1.1 Tipo de estudo e local da pesquisa.....	25
3.1.2 Caracterização da amostra.....	25
3.1.3 Instrumentos e procedimentos para coletas de dados.....	27
3.1.4 Amostragem.....	31
3.1.5 Análise dos dados.....	31
3.1.6 Análise pela NBR 15220/2003.....	32
3.1.6.1 Arquitetura bioclimática.....	32

3.1.6.2 Fechamentos opacos.....	33
3.1.7 Análise pela NBR 15575/2013.....	34
CAPÍTULO 4.....	36
4.1 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	36
4.1.1 Amostragem.....	36
4.1.2 Medição.....	37
4.1.3 Conforto térmico e acústico das unidades.....	37
4.1.3.1 Residências 1-8,21-28,37-41.....	38
4.1.3.2 Residências 9-20,29-36,42-45.....	41
4.1.4 Análise pelas NBR 15220/2003 e 15575/2013.....	45
4.1.5 Análise desempenho térmico: Parâmetros ABNT NBR 15575/2003.....	51
4.1.6 Análise desempenho acústico: Parâmetros ABNT NBR 10152/1987.....	51
4.1.7 Análise desempenho acústico: Parâmetros ABNT NBR 15575/2003.....	53
CAPÍTULO 5.....	54
5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	54
CAPÍTULO 6.....	55
6.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	55
REFERÊNCIAS.....	56
ANEXOS.....	59

1 CAPÍTULO 1

1.1 INTRODUÇÃO

O homem tem melhores condições de vida e de saúde quando seu organismo pode funcionar sem ser submetido à fadiga ou estresse, inclusive térmico (FROTA, 2003). Diante dessa necessidade, a norma ABNT NBR 15575 (2013) estabelece os requisitos e critérios de desempenho que se aplicam às edificações habitacionais, como um todo integrado, bem como serem avaliados de forma isolada para um ou mais sistemas específicos.

Segundo a ABNT NBR 15575 (2013), desempenho diz respeito ao comportamento em uso de uma edificação e de seus sistemas, e a forma do seu estabelecimento é dada por meio da definição clara de requisitos (qualitativos), critérios (quantitativos ou premissas) e métodos de avaliação, os quais sempre permitem a mensuração clara do seu atendimento.

Como o corpo humano é um sistema termodinâmico, que produz calor e interage continuamente com o ambiente para alcançar o balanço térmico, existe uma constante troca de calor entre o corpo e o meio, regidos pelas leis da física e influenciados pelos mecanismos de adaptação fisiológica, condições ambientais e fatores individuais. A sensação de conforto térmico está diretamente relacionada ao esforço realizado pelo organismo para manter o balanço térmico (RUAS, 2001).

A condição para que uma pessoa se sinta em conforto térmico é que ela não sinta necessidade de um ambiente com temperatura mais quente ou mais fria, ficando assim em neutralidade térmica (FANGER, 1970).

“As pessoas estão valorizando cada vez mais o conforto térmico, porque perceberam que as edificações que apresentam essas soluções gastam menos energia”, afirma Chippari, (2013).

Tendo em vista a importância da avaliação do desempenho térmico, este trabalho teve como finalidade analisar o conforto térmico e acústico nas unidades habitacionais e avaliar se oferecem resultados satisfatórios, conforme os parâmetros descritos nas normas ABNT NBR 15575 (2013), ABNT NBR 15220 (2003) e ABNT NBR 10152 (1987).

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Analisar o desempenho térmico e acústico em edificações residenciais com vedação em concreto moldado *in loco* na cidade de Nova Prata do Iguaçu, PR.

1.2.2 Objetivos específicos

- Realizar levantamento de dados e medições (térmico e acústico) *in loco*;
- Comparar os dados obtidos na pesquisa com a ABNT NBR 15575 (2013) - Desempenho para Edificações de até Cinco Pavimentos; ABNT NBR 15220 (2003) Desempenho Térmico de Edificações; e ABNT NBR 10152 (1987) - Níveis de Ruído para Conforto Acústico;
- Identificar situações em desacordo com as normativas, apontando a incoerência e a possível solução ao cumprimento.

1.3 JUSTIFICATIVA

O sistema construtivo em parede de concreto surgiu com a necessidade de se construir de forma rápida, assim reduzindo o tempo de execução, diminuindo a perda de material e aumentando a produção (VIEIRA, 2014).

Santos e Andrade (2008) afirmam que o conforto térmico é uma condição que expressa à satisfação do indivíduo com o ambiente térmico. Essa característica afeta diretamente o desempenho das atividades realizadas pelos indivíduos em seu interior e apresenta grande influência sobre a saúde humana.

Um aspecto importante ao se conceber um projeto arquitetônico com o mínimo de eficiência energética, é o conforto térmico, já que equipamentos utilizados para condicionar os ambientes, são os que mais consomem energia elétrica. Com o aumento de geração deste tipo de energia, observa-se um grande impacto econômico e ambiental, e é de grande importância soluções que auxiliem na diminuição do consumo (LAMBERTS *et al.*, 1997).

Assim, a pesquisa é importante para o conhecimento e análise do conforto térmico e acústico nas edificações residenciais executadas utilizando como vedação, paredes de concreto moldado *in loco*, pois as duas relações de conforto estão diretamente relacionada ao bem estar das pessoas.

1.4 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

As unidades habitacionais avaliadas atendem os parâmetros estabelecidos pelas normas ABNT NBR 15575 (2013) - Desempenho para Edificações de até Cinco Pavimentos; ABNT NBR 15220 (2003) Desempenho Térmico de Edificações; e ABNT NBR 10152 (1987) - Níveis de Ruído para Conforto Acústico, com relação ao conforto térmico e acústico?

1.5 FORMULAÇÃO DA HIPÓTESE

Esperou-se que através das medições realizadas *in loco* as edificações avaliadas atendam aos parâmetros mínimos das normas, tendo em vista que o sistema construtivo não é o mais usual na construção civil, pois limita o processo criativo da concepção arquitetônica, uma vez que dificulta a retirada ou mudanças na posição das paredes.

1.6 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

O presente trabalho se limitou a analisar as condições de conforto térmico e acústico do conjunto habitacional Libertino Pilker, localizado no município de Nova Prata do Iguaçu, Paraná.

O conjunto habitacional (Figura 01) é composto por 134 casas de 41,25m² e mesma tipologia de distribuição em planta, sendo que o conjunto totaliza uma área de 5527,5m². O método construtivo utilizado é de paredes de concreto moldados *in loco*, sendo concebida para venda pelo programa Minha Casa Minha Vida.

Figura 1: Localização do conjunto habitacional



Fonte: Google Earth (2016)

2 CAPÍTULO 2

2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1.1 Conforto térmico

Conforto é uma atmosfera agradável que rodeia o ser humano. Pode ser ela em seu ambiente de trabalho, residência, ou seja, em qualquer local onde esteja inserido (FROTA e SCHIFFER, 2003).

De acordo com o IBGE, Censo demográfico de 2015, 84,72 % da população brasileira é urbana. A população urbana reside a maior parte do seu tempo em ambientes edificados, e deve ser dada atenção ao estudo de condições ambientais satisfatórias a ocupação do ser humano e as características construtivas das edificações necessárias para atingir essas condições (RUAS, 2001).

A condição de conforto é obtida mediante efeito conjugado de um conjunto de fatores objetivos como, os elementos do clima (temperatura do ar, umidade relativa, movimento do ar e radiação), a vestimenta, e outros de caráter subjetivo como, aclimação, forma e volume do corpo, cor, metabolismo entre outros. O conjunto destes parâmetros é denominado zona de conforto determinado quando produzem sensações térmicas agradáveis, e seu estudo é importante para o condicionamento natural das edificações (RORIZ, 1987).

Os estudos em conforto térmico possibilitam estabelecer e analisar as condições necessárias para a concepção e avaliação de um ambiente térmico satisfatório, para a realização de atividades e ocupação humana, e para estabelecer métodos em uma detalhada análise térmica de um ambiente (LAMBERTS, 2011).

Segundo Pinheiro (2008) a importância do conforto térmico se relaciona não só à sensação de conforto das pessoas, como também ao seu desempenho no trabalho e à sua saúde. Os limites da sobrevivência de cada ser humano dependem do tempo de exposição às condições termo-ambientais, pois definem uma faixa larga de temperatura. Já para a saúde, exige-se ainda mais um conforto adequado.

Quando um ambiente satisfaz as condições térmicas, trata-se de conforto térmico. O bem-estar do homem é um conceito que abrange desde os fatores necessários a manutenção da sua saúde física, até aqueles responsáveis pelo seu sentimento de satisfação (RUAS, 1999).

2.1.1.1 Variáveis do conforto térmico

As condições de conforto térmico são em função de uma série de variáveis. Para avaliar essas condições, a pessoa deve estar adequadamente vestida e sem problemas de saúde. As condições ambientais capazes de proporcionar sensação de conforto térmico em indivíduos de clima quente e úmido não são as mesmas que proporcionam sensação de conforto em habitantes de clima quente e seco e, muito menos, em habitantes de regiões de clima temperado ou frio (FROTA e SCHIFFER, 2003).

O estudo sobre o clima da região, ou do local, é o primeiro passo que se deve ser seguido antes de elaborar um projeto. A variável climática é uma das mais importantes, pois é nela que estão inseridos os fatores de radiação solar, umidade, temperatura e vento (LAMBERTS, DUTRA & PEREIRA, 2014).

Segundo Silva (2008), as variáveis ambientais e individuais podem influenciar no conforto térmico dos habitantes, dentre as primeiras, destacam-se as características das vestimentas e do metabolismo (sexo, idade, raça, atividade exercida e hábitos alimentares), o que pode mudar simultaneamente as preferências térmicas de pessoa para pessoa. Para a determinação das diferentes faixas de conforto, as variáveis ambientais como, temperatura, umidade relativa do ar e a velocidade do vento, possuem grande importância.

2.1.1.2 Radiação solar

A transferência de calor por radiação nas edificações é determinada pela radiação solar. Ela pode entrar diretamente por uma abertura no edifício, incidindo nos corpos que se aquecem, os quais reemitem radiação de onda longa. O vidro sendo, consideravelmente, opaco à radiação de onda longa, não permite que o calor encontre passagem para o exterior, superaquecendo o ambiente interno (efeito estufa), ou seja, é a transferência de calor por radiação nas edificações (LAMBERTES, 2016).

2.1.1.3 Temperatura

Segundo Lamberts, Dutra e Pereira (2014), a temperatura do ar é a variável climática de fácil medição e a mais conhecida. A variação da temperatura na superfície da terra resulta

basicamente da diferente recepção da radiação solar de local para local e dos fluxos das grandes massas de ar.

2.1.1.4 Umidade

A umidade do ar atua diretamente na capacidade da pele em realizar trocas através da evaporação, ou seja, o suor. A sensação de desconforto térmico aumenta quando a umidade relativa dificulta a evaporação pelo suor (LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 2014).

Essa variável tem grande influência na remoção de calor por evaporação, na medida em que a baixa umidade relativa permite ao ar relativamente seco absorver a umidade da pele rapidamente e, com isso, promover também de forma rápida a remoção de calor do corpo (RUAS, 2001).

Segundo Ayoade (1986), a umidade relativa do ar desempenha a função de transferir calor entre o meio e o indivíduo através da evapotranspiração, cujos processos fisiológicos, para manter o equilíbrio térmico, se dão através do suor da pele e da respiração. Este elemento meteorológico varia inversamente ao valor da temperatura, podendo apresentar situações de desconforto térmico.

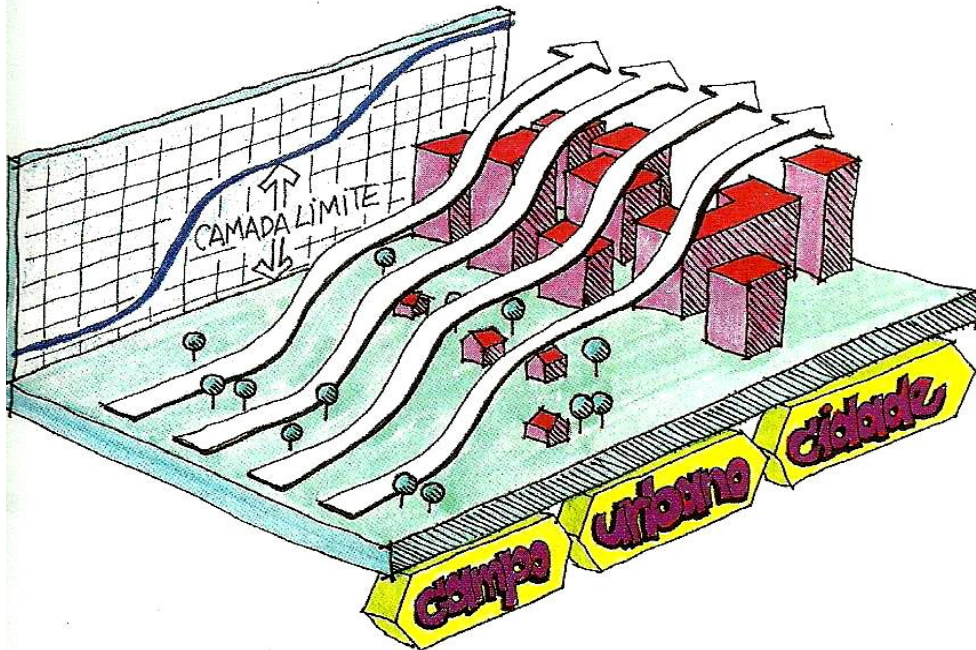
2.1.1.5 Vento

O vento é uma variável meteorológica que influencia e é influenciado por outros elementos, podendo acentuar condições específicas no espaço urbano. Principalmente no que diz respeito aos processos de transporte de calor (convecção) e de umidade (evaporação), bem como na dispersão da poluição (VAREJÃO, 2006).

A presença de vegetação, edificações e outros anteparos naturais ou artificiais podem alterar as condições do vento local, permitindo canalizar os ventos desviando-os ou trazendo-os para a edificação (LAMBERTS, 2016).

A rugosidade da superfície influencia no movimento do ar, como mostra a Figura 2, em geral, a velocidade do vento aumenta com a altitude. Devido aos obstáculos encontrados nas cidades como os edifícios, a velocidade média do vento é mais baixa do que em locais abertos como o campo. Na cidade ocorrem mais turbulência e variação no direcionamento do vento do que em campo aberto (LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 2014).

Figura 2: Vento e rugosidade do terreno



Fonte: Lamberts, Dutra e Pereira (2014).

2.1.2 Índices de conforto térmico

O índice de conforto térmico é um parâmetro que representa o efeito combinado das principais variáveis intervenientes. Através dele é possível obter subsídios para melhor adequá-lo às necessidades humanas, como também avaliar a situação de conforto térmico (RUAS, 2001).

Segundo Frota e Schiffer (2003), os índices foram desenvolvidos com base em diferentes aspectos do conforto e podem ser classificados como:

- Índices biofísicos: baseiam-se nas trocas de calor entre o corpo e o ambiente, correlacionando os elementos do conforto com as trocas de calor que dão origem a esses elementos;
- Índices fisiológicos: baseiam-se nas reações fisiológicas originadas por condições conhecidas de temperatura seca do ar, temperatura radiante média, umidade e velocidade do ar;
- Índices subjetivos: baseiam-se nas sensações subjetivas de conforto experimentadas em condições em que os elementos de conforto térmico variam.

A escolha de um ou outro tipo de índice de conforto deve estar relacionada com as condições ambientais, com a atividade desenvolvida pelo indivíduo, pela maior ou menos

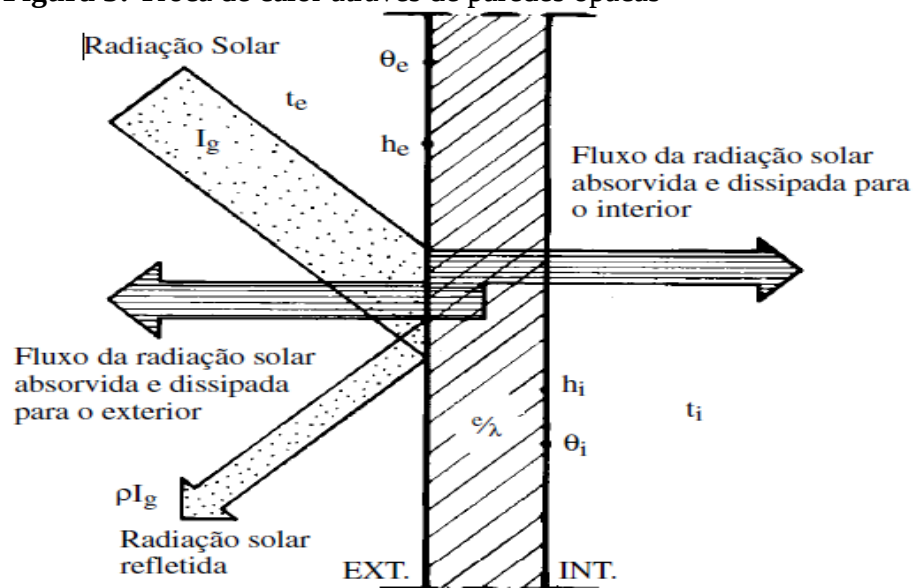
importância de um ou de outro aspecto do conforto (FROTA e SCHIFFER, 2003).

2.1.3 Comportamento térmico da edificação

Segundo Frota e Schiffer (2003), o sol é importante fonte de calor, incide sobre o edifício representando sempre certo ganho de calor, que será função da intensidade da radiação incidente e das características térmicas dos paramentos do edifício. Os elementos da edificação, quando expostos aos raios solares, diretos ou difusos, ou ambos com a radiação de alta temperatura, podem ser classificados, segundo as autoras, como:

a) Opacos: no caso de uma parede opaca exposta a radiação solar e sujeita a uma determinada diferença de temperatura entre os ambientes que separa, os mecanismos de trocas podem ser esquematizados conforme a Figura 3.

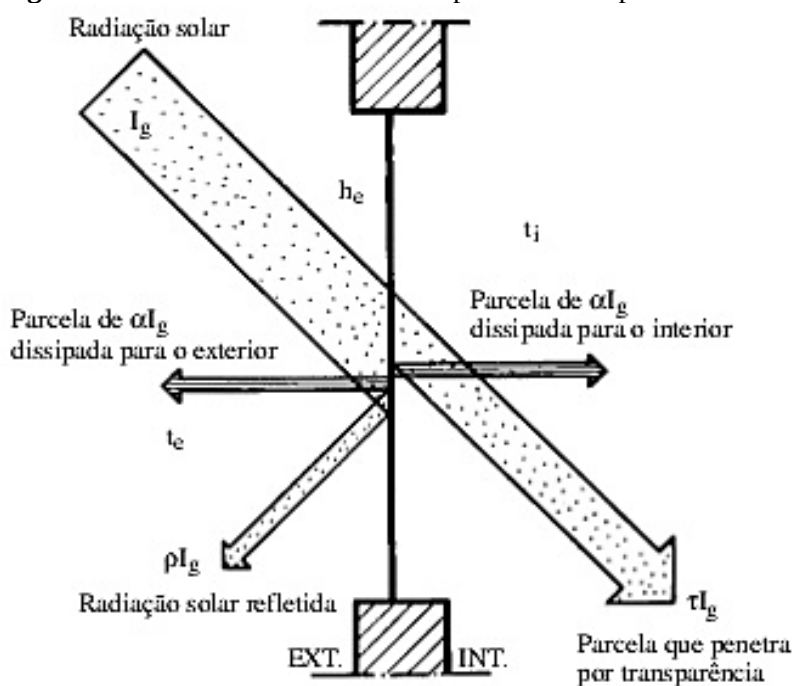
Figura 3: Troca de calor através de paredes opacas



Fonte: Frota e Shiffer (2003)

b) Transparentes: no caso de uma parede transparente ou translúcida exposta à incidência da radiação solar e sujeita a uma determinada diferença de temperatura entre os ambientes que separa, os mecanismos de troca podem ser esquematizados na Figura 4.

Figura 4: Troca de calor através de superfícies transparentes ou translúcidas



Fonte: Frota e Shiffer (2003)

Perante as considerações de transferência de calor através dos fechamentos, Corbella (2003) acrescenta que o conhecimento das propriedades térmicas dos materiais de construção e das leis básicas de transferência de calor permite prever qual será a resposta de um prédio às variações de clima externo e, em consequência, tomar decisões a respeito de quais materiais empregar em um determinado clima, para facilitar uma situação de conforto térmico aos seus habitantes.

2.1.4 Conforto Acústico

A acústica é a ciência que se dedica ao estudo de som ou do ruído, a sua propagação em meio gasoso, líquido ou sólido, e as inter-relações com o ser humano. Pode-se definir o som e o ruído como qualquer variação de pressão atmosférica que o ouvido humano pode captar. A diferença entre o som e o ruído é subjetiva, não depende apenas da amplitude e da frequência, pois o som está associado a sensações agradáveis (música e voz) e o ruído representa as sensações indesejáveis (MATEUS, 2008).

O conceito de conforto acústico se refere à medida que podem ser tomadas para que as residências permaneçam sempre dentro dos parâmetros ou limites de ruídos, assim tornando o ambiente agradável (CORREIA, 2009).

O que provocou um aumento acentuado de questões relacionadas ao conforto acústico foi o crescimento desordenado dos núcleos urbanos, o advento das novas tecnologias da construção civil, questões de ordem cultural, entre outros (CARVALHO, 2010).

Segundo Carvalho (2010), tratar acusticamente um ambiente consiste basicamente em observar os seguintes quesitos: dar-lhe boas condições de audibilidade, seja através das absorções acústicas dos revestimentos internos (pisos, paredes, tetos e outros componentes); bloquear os ruídos externos que porventura possam perturbar a boa audibilidade do recinto; e bloquear possíveis ruídos produzidos no recinto de forma que não perturbem o entorno.

Segundo a ABNT NBR 15575 (2013), o ruído gerado pela circulação de veículos, crianças brincando no *playground* e música alta no apartamento vizinho, são causas de desentendimentos e de estresse. Os sons resultam de movimentos vibratórios que se propagam pelo ar, ou outros meios, segundo ondas com amplitudes e frequências variadas. Quanto maior a amplitude da onda, maior a intensidade sonora.

2.1.5 ABNT NBR 15575/2013 – Desempenho em Edificações Habitacionais de até cinco pavimentos

A indústria da construção brasileira mudou seus parâmetros de qualidade. Em julho de 2013 entrou em vigor a Norma de Desempenho de Edificações Habitacionais, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), que estabelece exigências de conforto e segurança em imóveis residenciais. A norma representa uma revolução conceitual sobre os requisitos mínimos de qualidade para casas e edifícios residenciais. Pela primeira vez uma norma brasileira associa a qualidade de produtos ao resultado que eles conferem ao consumidor, com instruções claras e transparentes de como fazer essa avaliação (BEZERRA, 2013).

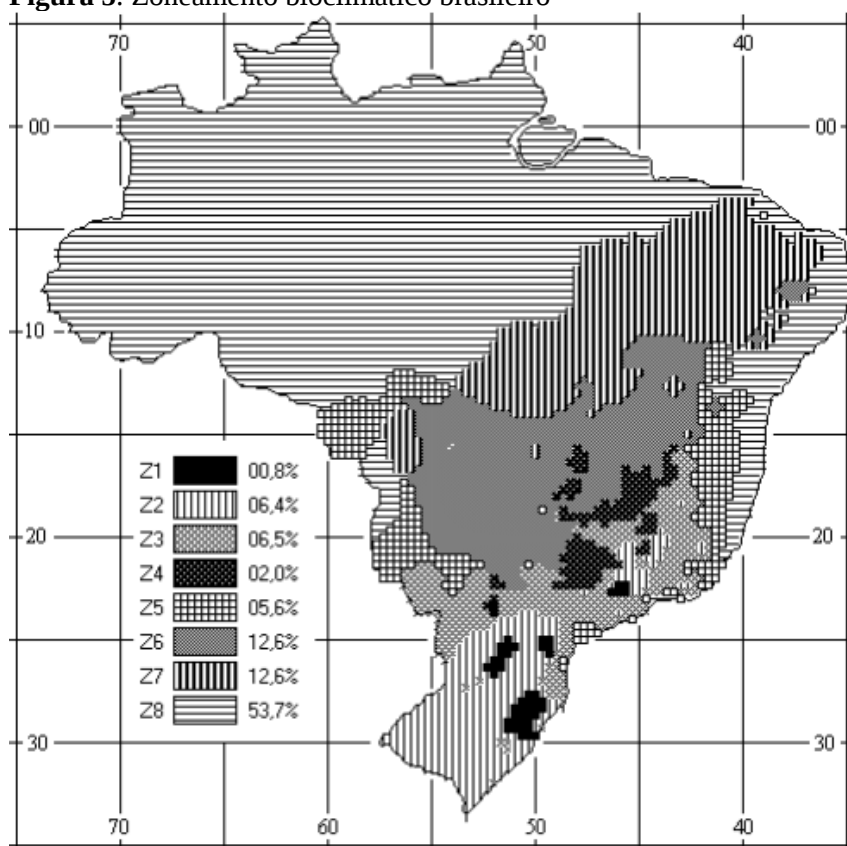
Segundo a ABNT NBR 15575 (2013), a edificação deve reunir características que possam atender às exigências de desempenho térmico, considerando a zona bioclimática em que está inserida, avaliada sob as condições naturais da edificação. A Norma de Desempenho estabelece dois procedimentos de avaliação de desempenho térmico, o primeiro, chamado de simplificado (normativo), verifica o atendimento dos requisitos e critérios para os sistemas de vedação e coberturas. Em caso de atendimento insatisfatório a norma recomenda para este caso a aplicação do método de simulação computacional. O segundo procedimento, chamado

de medição *in loco*, ou no campo, verifica o atendimento dos requisitos e critérios, elaborado por meio de medições realizadas na obra (ou protótipo) já concluída.

2.1.6 ABNT NBR 15520/2003 – Desempenho Térmico de Edificações

A ABNT NBR 15520 (2003) define a metodologia de cálculo dos parâmetros de interesse para a avaliação prescritiva do desempenho térmico. A parte 1 da norma tem como objetivo estabelecer as definições, e os correspondentes símbolos e unidades de termos relacionados com o desempenho térmico de edificações. A parte 2 trata dos métodos de cálculo da transmitância térmica “U” ($\text{W/m}^2\text{K}$), da capacidade térmica “CT” ($\text{kJ/m}^2\text{K}$), da absorptância à radiação solar “ α ”, do atraso térmico “ ϕ ”, e do fator solar “FS” de elementos e componentes de edificações. Já a parte 3, estabelece o zoneamento bioclimático brasileiro, abrangendo um conjunto de recomendações e estratégias construtivas destinadas às habitações unifamiliares de interesse social. Esse zoneamento compreende oito diferentes zonas, conforme indica a Figura 5.

Figura 5: Zoneamento bioclimático brasileiro



Fonte: ABNT NBR 15220 (2003)

A ABNT NBR 15520 (2003) define as características principais das diretrizes construtivas para cada uma das oito zonas bioclimáticas em relação ao tamanho de janelas, ao sombreamento necessário, ao tipo ideal de paredes e coberturas, e as estratégias bioclimáticas recomendadas para cada local (LAMBERTS, 2014).

2.1.7 ABNT NBR 10152/1987 – Níveis de ruído para conforto acústico

A ABNT NBR 10152 (1987) tem o objetivo de fixar níveis de ruídos compatíveis com o conforto acústico de vários tipos de ambientes internos. Os critérios fixados pela norma são apresentados na tabela da Figura 6, onde se relacionam os locais e os níveis de ruídos aceitáveis.

Figura 6: Valores dB(A) e NC

Locais	dB(A)	NC
Hospitais		
Apartamentos, Enfermarias, Berçários, Centros cirúrgicos	35 - 45	30 - 40
Laboratórios, Áreas para uso do público	40 - 50	35 - 45
Serviços	45 - 55	40 - 50
Escolas		
Bibliotecas, Salas de música, Salas de desenho	35 - 45	30 - 40
Salas de aula, Laboratórios	40 - 50	35 - 45
Circulação	45 - 55	40 - 50
Hotéis		
Apartamentos	35 - 45	30 - 40
Restaurantes, Salas de Estar	40 - 50	35 - 45
Portaria, Recepção, Circulação	45 - 55	40 - 50
Residências		
Dormitórios	35 - 45	30 - 40
Salas de estar	40 - 50	35 - 45
Auditórios		
Salas de concertos, Teatros	30 - 40	25 - 30
Salas de conferências, Cinemas, Salas de uso múltiplo	35 - 45	30 - 35
Restaurantes	40 - 50	35 - 45
Escritórios		
Salas de reunião	30 - 40	25 - 35
Salas de gerência, Salas de projetos e de administração	35 - 45	30 - 40
Salas de computadores	45 - 65	40 - 60
Salas de mecanografia	50 - 60	45 - 55
Igrejas e Templos (Cultos meditativos)	40 - 50	35 - 45
Locais para esporte		
Pavilhões fechados para espetáculos e atividades esportivas	45 - 60	40 - 55

Fonte: ABNT NBR 10152 (1987)

Segundo a ABNT NBR 10152 (1987), o valor inferior da faixa representa o nível sonoro para conforto, enquanto que o limite superior significa o nível sonoro aceitável para a finalidade. Níveis maiores aos estabelecidos são considerados situações de desconforto, sem necessariamente implicar risco de dano à saúde.

3 CAPÍTULO 3

3.1 METODOLOGIA

3.1.1 Tipo de estudo

Trata-se da análise do desempenho em relação ao conforto térmico e acústico em um conjunto habitacional, localizado na cidade de Nova Prata do Iguaçu – PR, considerando os requisitos mínimos das normas NBR 15220/2003, NBR 15575/2013 e NBR 10152/1987.

A pesquisa foi realizada pelo método quantitativo, onde para a coleta de dados utilizou-se dois aparelhos: o termo-higrômetro e o decibelímetro. Os aparelhos possibilitaram o registro das variáveis de temperatura na análise do conforto térmico e os níveis de decibéis do desempenho acústico nas edificações. Os mesmos foram qualificados e analisados através dos parâmetros e critérios das normas.

Os dois métodos de abordagem qualitativa e quantitativa são diferentes pela sua sistemática, e, principalmente, pela forma de abordagem do objeto de estudo. O método quantitativo significa quantificar opiniões, dados, nas formas de coletas de informações, já a abordagem qualitativa não emprega dados estatísticos como centro de análise de um problema (OLIVEIRA, 1999).

3.1.2 Local da pesquisa

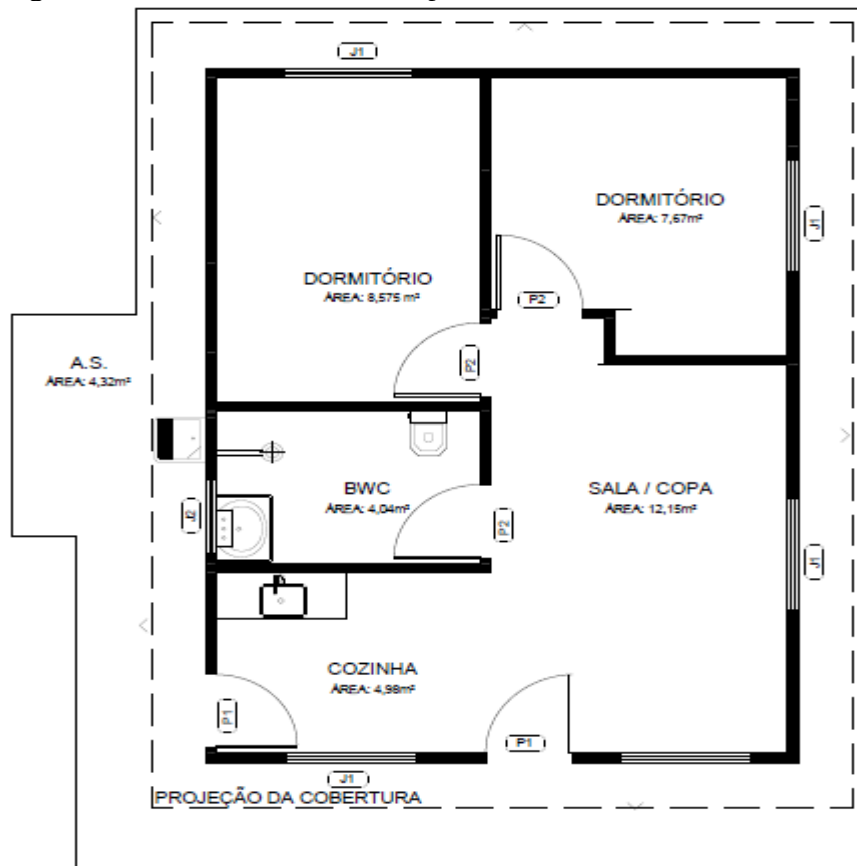
No estudo de caso foi realizada uma análise do conforto térmico e acústico em uma amostra de residências de um conjunto habitacional, localizado na cidade de Nova Prata do Iguaçu, Paraná, como representado na Figura 7. O loteamento Libertino Pilker possui 134 casas, sendo que cada unidade é composta por: dois quartos, uma cozinha, uma sala, um banheiro e uma área de serviço, em uma área total de 41,25 m², conforme ilustrado na Figura 8.

Figura 7: Mapa com a localização do conjunto habitacional



Fonte: Google Earth (2016)

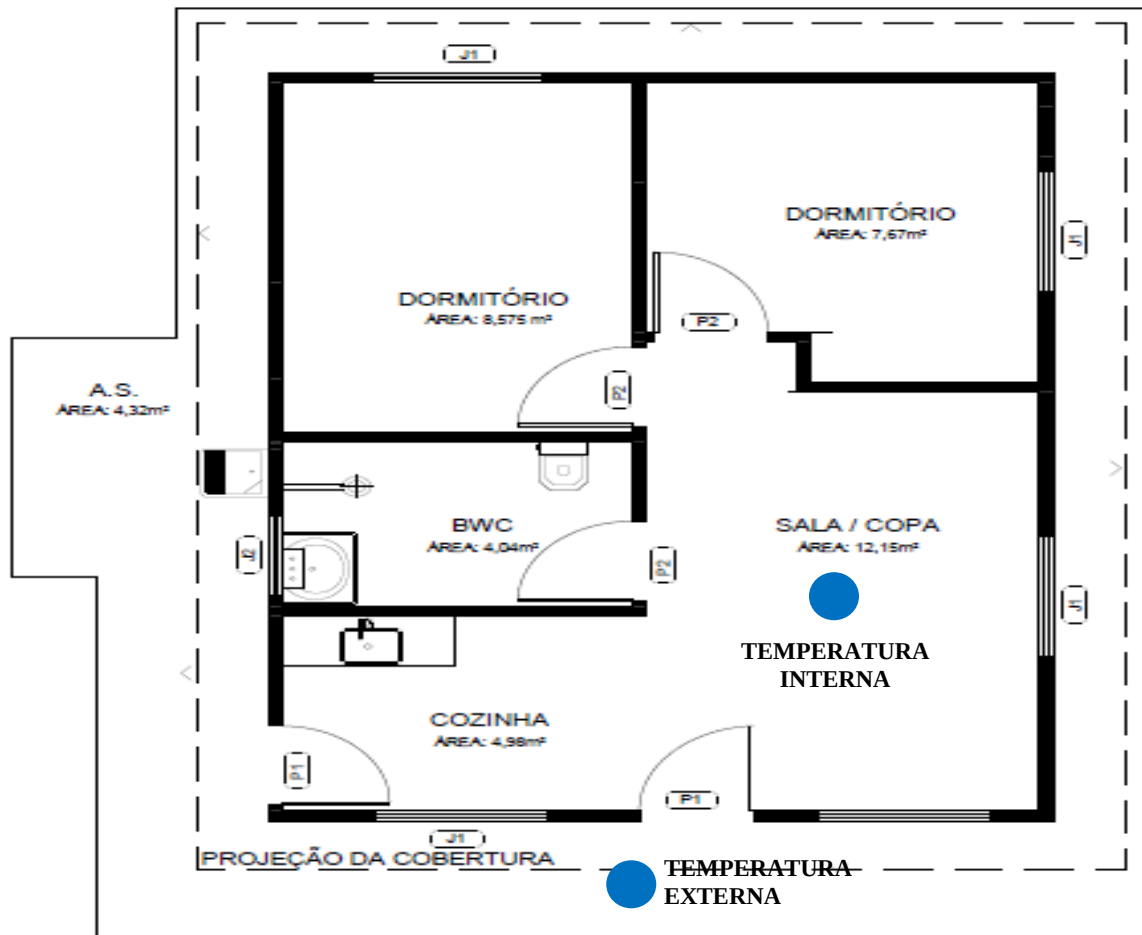
Figura 8: Planta baixa da unidade tipo



Fonte: Projeto arquitetônico (2017)

umidade, ambientes com características de isolamento e estanqueidade quanto à ventilação, conforme identificado na Figura 10. O instrumento foi posicionado a 1,10 m de altura com relação ao nível do ambiente e os dados coletados, foram anotados em planilha conforme apresentado na Tabela 1.

Figura 10: Planta baixa com a marcação dos pontos



Fonte: Projeto arquitetônico (2017) adaptado pelo Autor (2017)

Tabela 1: Tabela para levantamento dos dados de conforto Térmico

TERMO-HIGRÔMETRO						
Nº da Edificação	Horários	Umidade (%)	Temperatura Interna	Temperatura Interna (mínima)	Temperatura Interna (máxima)	Temperatura Externa
1						
2						
3						
4						
5 + n...						

Fonte: Autor (2017)

b) Conforto acústico

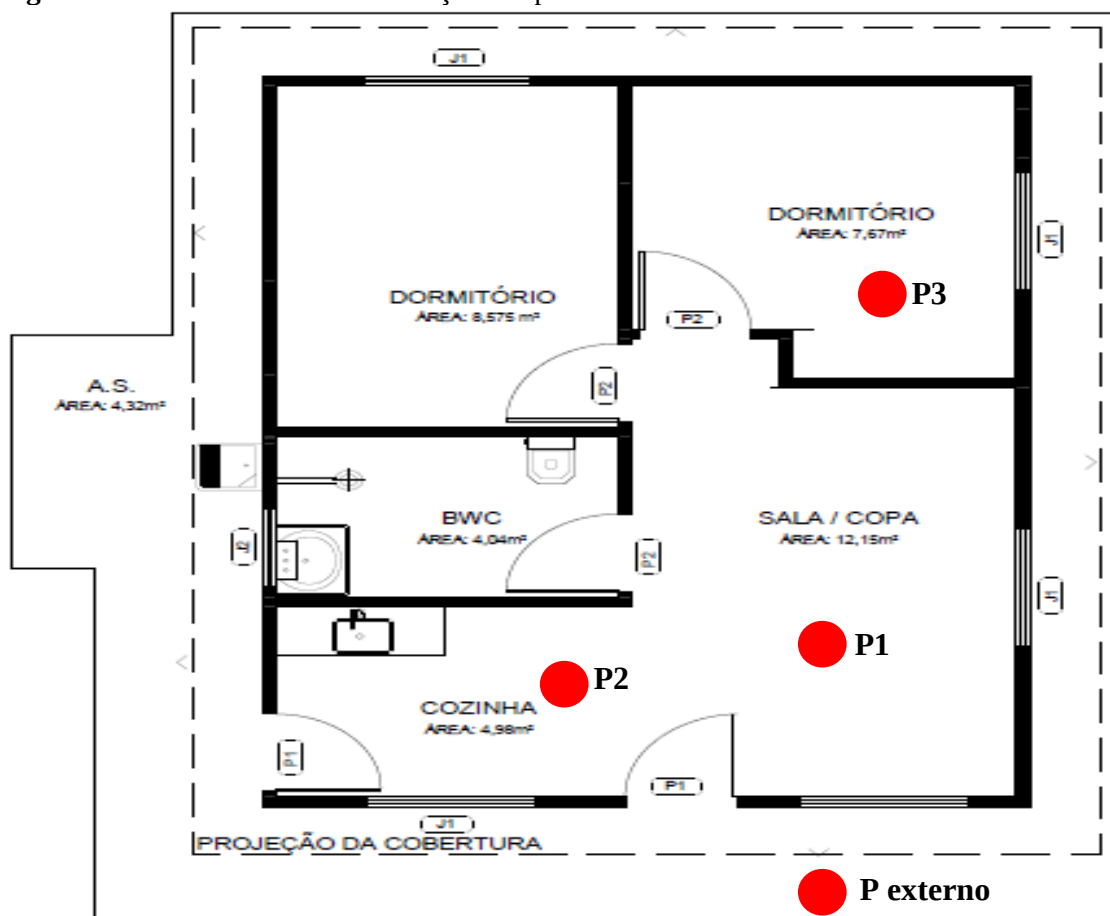
Para a verificação dos níveis de ruídos frente ao desempenho acústico foi utilizado um decibelímetro, conforme modelo ilustrado na Figura 11, possibilitando a aferição dos ruídos/sons internos. A captação dos ruídos através do equipamento foi realizada em três pontos e ambientes diferentes, procurando comparar os níveis de exposição quanto às características específicas que a norma determina.

Figura 11: Decibelímetro modelo DEC – 5010



Fonte: Autor (2017)

Conforme a NBR 10152/1987, para a coleta de dados dos níveis acústicos nas edificações foram adotados três pontos internos e um ponto externo, conforme ilustrado na Figura 12, e os dados registrados na Tabela 2.

Figura 12: Planta baixa com a marcação dos pontos

Fonte: Projeto arquitetônico (2017) adaptado pelo Autor (2017)

Tabela 2: Tabela para levantamento dos dados de conforto acústico

		Decibelímetro						
		INTERNO					EXTERNO	
Nº da Edificação	Horários	Db c/ JANELA ABERTA			Db c/ JANELA FECHADA			P _{EXTERNO}
		P1	P2	P3	P1	P2	P3	
1								
2								
3								
4								
5 + n								

Fonte: Autor (2017)

Em ambientes internos as medições foram realizadas com o equipamento voltado para as paredes onde estão as janelas, a uma distância de no mínimo 1,50 m da janela; 1,0 m das paredes adjacentes; e a uma altura de 1,20 m do piso. Já para ambientes externos, a medição foi realizada com o aparelho a uma altura de 1,2 m acima do solo e 1,5 m da parede externa da edificação (NBR 10152/1987).

3.1.4 Amostragem

A determinação de uma amostra é de grande importância, por que amostras grandes podem acarretar em desperdício de tempo e resultados não confiáveis. Por isso, utiliza-se a amostragem, escolhe uma parte (ou amostra) de forma que ela seja a mais representativa possível (TRIOLA, 1999).

O cálculo que foi utilizado para determinar a amostragem está informada na Equação 1.

$$n = \frac{N \cdot Z^2 \cdot p \cdot (1 - p)}{(N - 1) \cdot e^2 + Z^2 \cdot p \cdot (-p)} \quad (1)$$

Onde:

n = O tamanho da amostra a ser utilizada

N = Tamanho do universo (Total)

Z = É o desvio do valor médio que aceitamos para alcançar o nível de confiança desejado
Valor adotado: Nível de confiança 90% (Z=1.645)

e = É a margem de erro máximo que eu quero admitir (10%)

p = É a proporção que se espera encontrar (Utiliza-se geralmente 50%)

3.1.5 Análise dos dados

Após a coleta de dados das unidades habitacionais selecionadas, foi realizado uma análise referente às normas de desempenho mínimo que uma edificação deve atingir, para saber se os resultados obtidos são satisfatórios e se atendem aos parâmetros de exigência das normas ABNT NBR 15575/2013, ABNT NBR 10152/1987 e ABNT NBR 15220/2003. Foram anotados em tabelas os dados coletados durante as medições de conforto térmico e acústico e posteriormente analisados e apresentados em gráficos os resultados finais.

3.1.6 Análise desempenho térmico conforme parâmetros da ABNT NBR 15220/2003

3.1.6.1 Arquitetura bioclimática

A ABNT NBR 15220 (2003) define as características principais e das diretrizes construtivas para cada uma das oito zonas bioclimáticas em relação ao tamanho das janelas, ao tipo ideal das paredes e coberturas, ao sombreamento e as estratégias construtivas conforme região onde se encontram (LAMBERTS, 2014).

Foi analisado o clima brasileiro em que a edificação está inserida, descrevendo o zoneamento bioclimático de acordo com a ANBT NBR 15220 (2003), mostrado na Figura 13.

Figura 13: Indicando o zoneamento bioclimático brasileiro



Fonte: Lamberts (2014).

A pesquisa também abrangeu as variáveis ambientais de conforto, que são temperatura interna e externa do ambiente e umidade.

3.1.6.2 Fechamentos Opacos

Em um fechamento opaco a transmissão de calor acontece quando a elevação da temperatura da superfície externa cria um diferencial entre esta e a temperatura da superfície interna, gerando a troca de calor entre as duas (LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 2014).

Nessa fase, a troca de calor ocorre por condução e a intensidade do fluxo de calor depende da condutividade térmica do material, representando por λ . A condutividade (λ) depende principalmente da densidade do material, indicado nos ANEXOS A e B. Portanto, foram analisados os materiais construtivos programados pela construtora para execução do projeto estudado. Quanto maior for a condutividade, maior será a quantidade de calor transferida entre as superfícies, e representa sua capacidade de conduzir maior ou menor quantidade de calor por unidade de tempo.

Outro fator a ser considerado na análise dos processos de condução é a espessura do fechamento (L), que deve ser medida em metros. Conhecendo a espessura e a condutividade do material pode-se calcular a resistência térmica (R), representada pela Equação 02.

$$R = \frac{L}{\lambda} \quad (02)$$

Onde:

R = Resistência térmica ($m^2\text{°C/W}$)

L = Espessura do fechamento (m)

λ = Condutividade térmica ($\text{W/m}^{\circ}\text{C}$)

Segundo Lamberts *et al.* (2014), a transmitância térmica é uma variável importante para a avaliação do desempenho de fechamentos opacos. Essa variável demonstra o comportamento do fechamento opaco frente à transmissão de calor, o que pode auxiliar na particularização dos materiais. O cálculo da transmitância térmica (U) envolve o conhecimento da resistência térmica total (Rt). A transmitância térmica (U) é o inverso da resistência térmica total, conforme Equação 03.

$$U = \frac{1}{Rt} \quad (03)$$

Onde:

U = Transmitância térmica ($\text{W/m}^2\text{°C}$)

R_t = Resistência térmica total

Os valores das características construtivas encontrados foram comparados com os valores apresentados na norma ABNT NBR 15220 (2003).

3.1.7 Análise desempenho térmico conforme parâmetros da ABNT NBR 15575/2013

A ABNT NBR 15575 (2013), trata do desempenho de edifícios habitacionais e estabelece normas de desempenho que visam atender a exigência dos usuários, independente do sistema construtivo adotado e dos materiais utilizados.

De acordo com a ABNT NBR 15575 (2013), a avaliação térmica pode ser efetuada de diferentes formas: o primeiro é o procedimento simplificado (normativo) que tem o objetivo de verificar o atendimento aos requisitos e critérios para o envelopamento da obra, com base na transmitância térmica (U) e capacidade térmica (CT) das paredes de fachada e das coberturas. O segundo procedimento é o de simulação por *software* sobre o desempenho térmico global da edificação, e o terceiro procedimento é o de medição *in loco* que verifica o desempenho térmico da edificação por meio da realização de medições na própria edificação ou em protótipos construídos.

Para a verificação ao atendimento ABNT NBR 15575 (2013) foi utilizado o procedimento 1, denominado *Simplificado*, que se presta a verificar o atendimento aos requisitos e critérios para o envelopamento da obra, com base na transmitância térmica e capacidade térmica das paredes de fachada e das coberturas, lembrando que neste estudo de caso não foi considerada a avaliação da cobertura.

Na avaliação simplificada foram analisadas as características que atendam aos critérios de desempenho registrados na zona bioclimática conforme indicado na Figura 11. Para as paredes os valores de transmitância térmica (U) foram confrontados respectivamente com as exigências do Anexo 3, onde foram analisados simultaneamente U limite e CT limite, os quais foram comparados e determinou-se se os valores atendem a norma citada, conforme indica o ANEXO D.

3.1.8 Análise desempenho acústico conforme parâmetros da ABNT NBR 15575/2013

ABNT NBR 15575/2013 Parte 4: Sistemas de vedações verticais internas e externas tratam dos sistemas de vedações verticais das edificações habitacionais, que, além da volumetria e da compartimentação dos espaços da edificação, integram-se de forma muito estreita aos demais elementos da construção, recebendo influências e influenciando o desempenho da edificação habitacional.

Os dados foram analisados comparando os níveis sonoros obtidos através das medições (Tabela 4) com os níveis de desempenho intermediário (I) e superior (S) e o nível médio (M) exigido pelas NBR 15575 (Figura 29), com o objetivo de analisar se as residências atendem a normativa estabelecida, para que uma edificação possibilite uma melhor qualidade para os habitantes.

3.1.9 Análise desempenho acústico conforme parâmetros da ABNT NBR 10152/1987

Esta norma fixa os níveis de ruído compatíveis com o conforto acústico em ambientes diversos. A NBR 10152/1987 apresenta o procedimento detalhado da medição de ruído para ambientes internos e externos das edificações, quais os tempos de medição, posicionamento do instrumento e os níveis recomendados de ruído em Db.

A análise dos dados e a realização das medições seguiram os parâmetros da norma citada. Após a medição foram analisados os resultados das 45 residências, averiguando se todas estavam dentro dos níveis estabelecidos pela NBR 10152/1987, comparando a Tabela 4 com a Figura 6.

4 CAPÍTULO 4

4.1 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1.1 Amostragem

Para a definição da amostragem foi aplicada a equação representada na metodologia, onde se utilizou para o cálculo uma quantidade total de 134 unidades habitacionais com um desvio de 90%, margem de erro de 10% e proporção de 50%, e resultou um número de 45 unidades de amostra, as quais foram escolhidas de acordo com a disponibilidade de acesso pelos moradores/proprietários das habitações, buscando representar edificações em todo o conjunto habitacional. Na Figura 14 tem-se a localização das edificações que possuíam orientação geográfica e fontes de sons distintas.

Figura 14: Localização das edificações

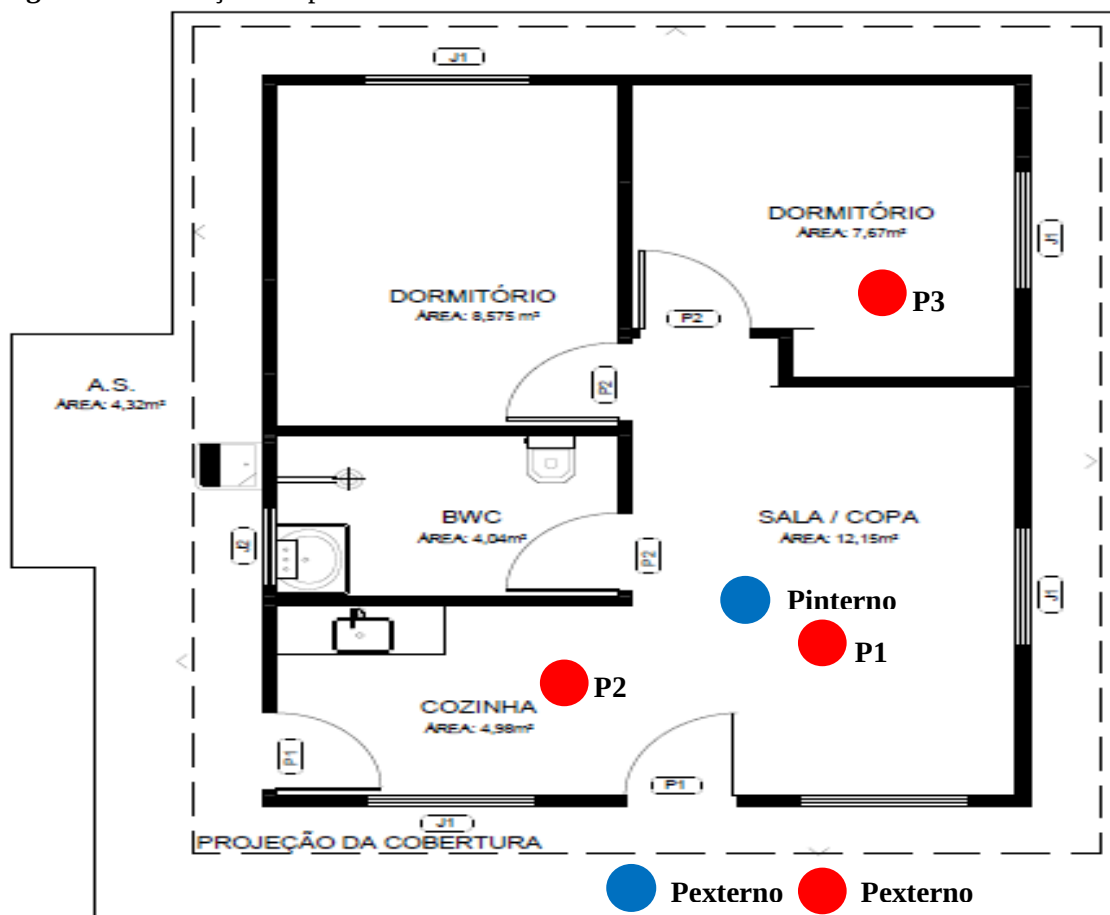


Fonte: Google Earth (2016) adaptado pelo Autor (2017)

4.1.2 Medição

Para a realização das medições definiu-se os pontos que seriam realizados conforme ilustrada na Figura 15, realizou-se as medições de conforto térmico através do termohigrômetro onde verificou-se a umidade e temperatura e o conforto acústico, utilizou-se o decibelímetro para captação dos sons emitidos em decibéis nos ambientes internos e externos das unidades. Conforme identificado por cores, os pontos em azul foram os pontos de medição para as variações térmicas e os pontos em vermelho foram os pontos de medição para a verificação do desempenho acústico.

Figura 15: Marcação dos pontos



Fonte: Projeto arquitetônico (2017) adaptado pelo Autor (2017)

4.1.3 Conforto térmico e acústico das unidades

No processo realizaram-se as medições em todas as unidades utilizando sempre o mesmo ponto conforme descrito na etapa anterior, onde se verificou as seguintes situações.

4.1.3.1 Residências 1 a 8; 21 a 28; 37 a 41

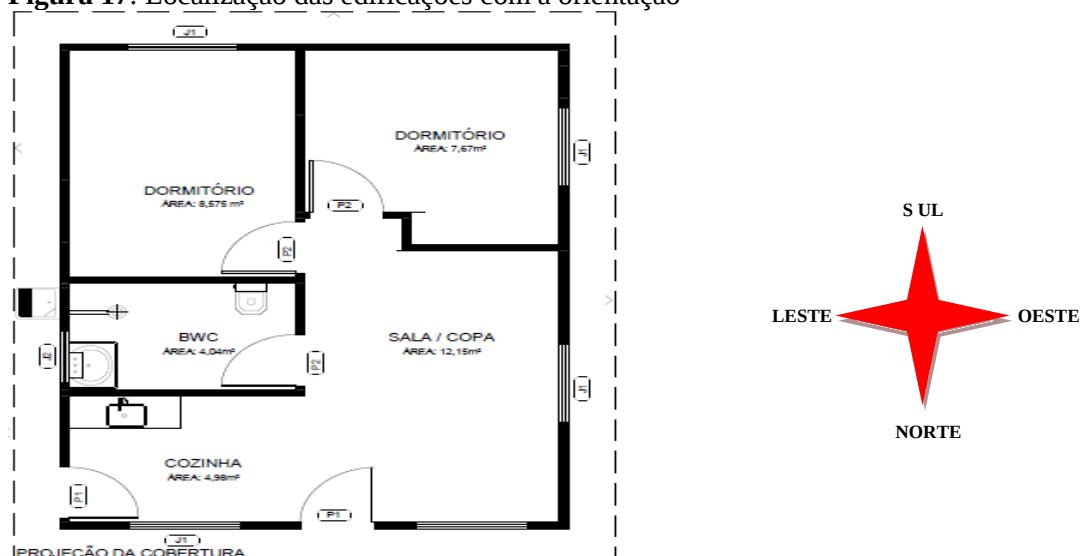
Na Figura 16 tem-se a localização de 21 das 45 unidades habitacionais total da amostra calculada, as quais possuem a frente da edificação voltada para a orientação norte. Na planta baixa da unidade habitacional, representada na Figura 17, observa-se que os dormitórios estão orientados para a face sul, leste e oeste; a sala e a cozinha para a face norte e oeste; e a área de serviço para o leste.

Figura 16: Localização das unidades habitacionais



Fonte: Google Earth (2016) adaptado pelo Autor (2017)

Figura 17: Localização das edificações com a orientação



Fonte: Google Earth (2016) adaptado pelo Autor (2017)

Conforme apresentado nas Tabelas 3 e 4, tem-se os valores obtidos para as medições das 21 residências, onde foram registrados os horários, temperaturas internas máximas e mínimas, temperatura externa e o índice de umidade, e para a medição da variável do conforto acústico obteve-se o horário e valores medidos em decibéis em pontos externos e internos nas edificações.

Tabela 3: Valores das medições de temperatura e umidade

TERMO-HIGRÔMETRO						
Nº da Edificação	Horários	Umidade (%)	Temperatura Interna	Temperatura Interna (mínima)	Temperatura Interna (máxima)	Temperatura Externa
1	14:00	58	28,9	18,6	28,9	29
2	14:10	51	29,5	18,6	29,5	29,5
3	14:16	51	29,5	18,6	29,9	29,9
4	14:23	51	29,5	18,6	29,9	29,9
5	14:31	49	30,4	18,6	30,4	30,4
6	14:40	53	31	18,6	31	31,6
7	14:46	48	31,3	18,6	31,3	31,3
8	14:57	44	31,3	18,6	31,3	31,6
21	16:40	43	34,3	18,6	34,3	34,4
22	16:52	41	29,5	18,6	29,4	29,9
23	17:00	44	29,5	18,6	29,4	29,9
24	14:02	58	28,7	18,6	36,3	28,9
25	14:10	34	30,3	18,6	36,3	30,4
26	14:17	35	32,4	18,6	36,3	34,1
27	14:24	37	32,9	18,6	36,3	33
28	14:37	37	28,7	18,6	36,3	28,9
37	15:51	34	28,7	18,6	36,1	28,9
38	15:59	58	28,7	18,6	36,1	28,9
39	16:10	36	28,7	18,6	36,3	28,9
40	16:22	37	32,9	18,6	36,1	33,1
41	16:30	58	33,1	18,6	36	33,3

Fonte: Autor (2017)

Como se pode observar na Tabela 3 os valores de temperatura interna ficaram entre 28,7°C e 34,3°C nas residências 24, 28, 37, 38 e 39 a temperatura interna média registrada foi de 28,7°C e na residência 21 obteve-se a maior medição às 14:30 horas.

Com relação aos valores de temperatura interna mínima em todas as residências obteve-se o valor de 18,6°C, valores registrados entre as 14h 00min e 16h 30min. Com relação à máxima da temperatura interna a variação observada entre as medições foi de 7,4°C, onde na residência nº 1 a menor medição resultou em 28,9°C e o maior registro foi de 36,3°C

em seis residências, sendo 24, 26, 27, 28 e 39.

A variação de medição de temperatura externa foi de 28,9°C a 34,4°C, sendo um diferencial de 5,5°C e na umidade os valores variaram de 34% a 58%, ou seja, 24% nas edificações. O menor valor aferido com relação à umidade foi nas residências 25 e 37, as 14h 10min e 15h 51min respectivamente, e os maiores valores nas residências 1, 24, 38 e 41, entre as 14h 00min, onde realizou-se a primeira medição na residência 1 e 16h 30min na residência 41 (Tabela 4).

Tabela 4: Valores das medições de desempenho acústico

DECIBELÍMETRO								
INTERNO								EXTERNO
Nº da Edificação	Horários	Db c/ JANELA ABERTA			Db c/ JANELA FECHADA			P _{EXTERNO}
		P1	P2	P3	P1	P2	P3	
1	14:00	51	47	45	51	46,7	44,7	49,3
2	14:10	46	47,5	42,8	45,7	47,4	42,6	48
3	14:16	46,6	48	44	46,6	47,7	43,6	49,2
4	14:23	44,9	45,4	45,1	44,9	45,3	45	45,2
5	14:31	58,7	57	43,7	57,5	35,4	43,5	57
6	14:40	47,8	46	48,5	47,8	45,6	48,4	55,8
7	14:46	49	52	47,4	49	51,4	47	54,2
8	14:57	48,9	50,2	47,6	48,7	50,2	47,2	50,6
21	16:40	48,2	48,1	44	48	47,9	43,3	53,7
22	16:52	46	46,2	45,2	46	45,9	45,7	49,2
23	17:00	50,9	49,9	45	50,2	49,7	44,8	45,2
24	14:02	53,9	54,2	47,9	52,8	54	47,5	48,9
25	14:10	47	46,9	45	47,3	46,8	45	58,5
26	14:17	45,2	44	45,8	45	43,8	45,7	48,9
27	14:24	47	46,4	45	47	46,3	46,7	46
28	14:37	44,2	44	43,5	44	43,9	43,2	48,3
37	15:51	51	51	49,2	51	49,7	48,7	54,2
38	15:59	46,1	45,5	46	46	45,4	45,7	47,5
39	16:10	47,2	47	45,4	47,2	47	45,3	49,2
40	16:22	49,2	49,2	47,2	48,7	48,4	46,2	48,9
41	16:30	46,7	45,9	45	46,2	45,1	44,5	50,3

Fonte: Autor (2017)

Com relação ao primeiro ponto de medição (P1), localizado na sala da residência, observa-se que o menor nível de ruído foi na residência número 28, onde a medição com a janela aberta foi de 44,2 Db e com a janela fechada foi de 44Db. Já os maiores níveis registrados, considerando o mesmo ponto de medição, foi na residência número 5, a qual

apresentou 58,7 Db e 57,5Db, para a janela aberta e fechada, respectivamente.

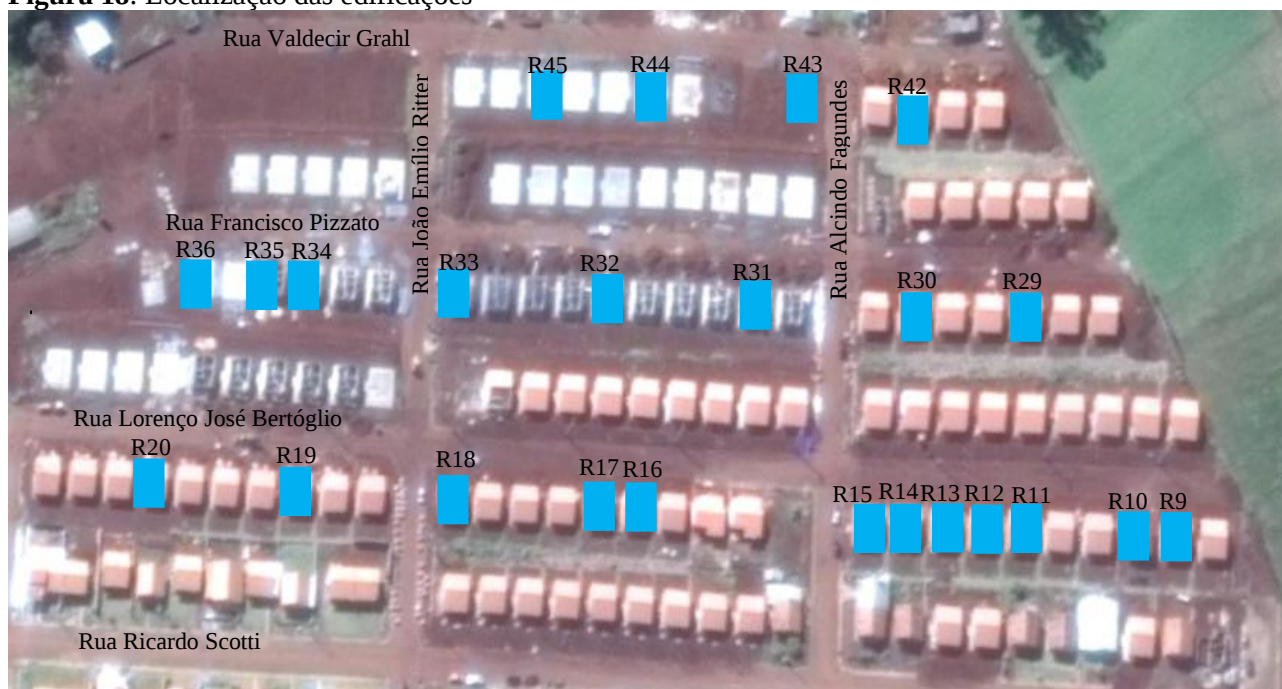
No ambiente da cozinha, onde se localizou o ponto P2, na residência 5 também correspondeu a maior medição considerando a janela aberta, onde obteve-se 57Db de ruído, em contra ponto com a janela fechada foi a residência que apresentou o menor valor, sendo de 35,4Db. Já para o menor nível de ruído verificou-se que as residências 26 e 28 apresentaram 44Db na cozinha com a janela aberta e a residência 24 o maior nível com a janela aberta, sendo 54Db de ruído.

E no último ponto interno de medição (P3), na residência 2 obteve-se os menores níveis, correspondendo a 42,8Db e 42,6Db com a janela aberta e fechada. Já os maiores valores de medição foram na residência 37, com 49,2Db com a janela do dormitório aberta e 48,7Db com a abertura fechada. Considerando a exposição ao ruído externo, a residência 4 apresentou o menor valor de 45,2Db e a residência 25 o maior nível de exposição ao ruído, de 58,5Db.

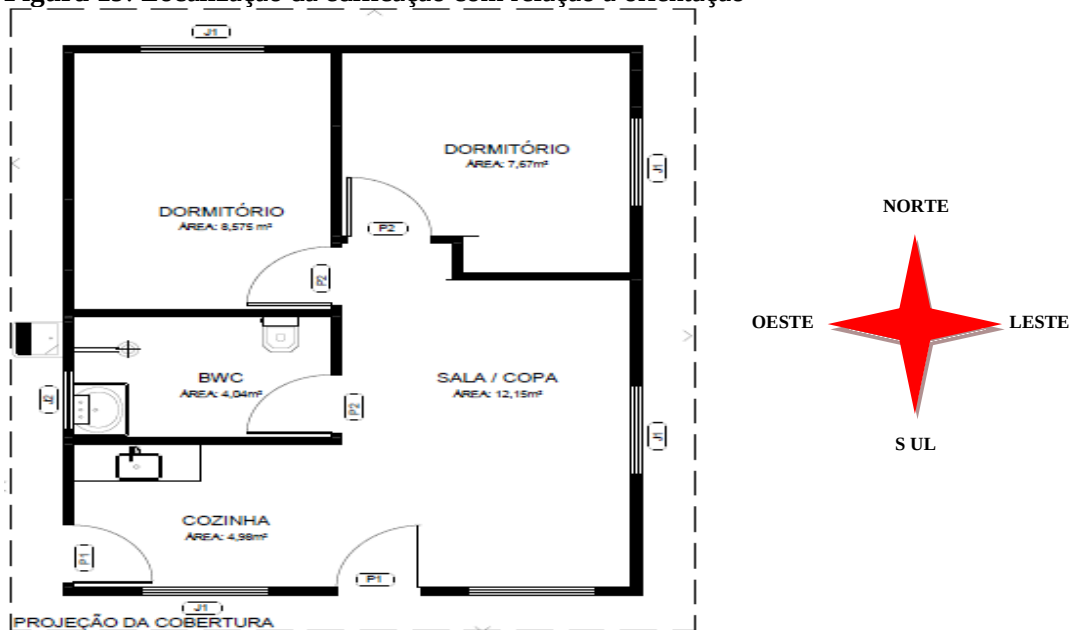
A variação das medições, considerando a amostra, observa-se que as diferentes medições são resultado da produção de ruídos internos aos ambientes, pois as condições de ocupação e atividades desenvolvidas nos horários das medições influenciaram na leitura, tendo em vista que a proposta era a análise pós-ocupação das residências e o seu desempenho frente às condições reais de ocupação.

4.1.3.2 Residências 9 a 20; 29 a 36; 42 a 45

Conforme ilustrado na Figura 18, tem-se a localização das 24 unidades habitacionais no loteamento, as quais possuem os dormitórios orientados para a face norte, leste e oeste; a sala e a cozinha para a face sul e oeste; e a área de serviço para o oeste, conforme identificado na Figura 19.

Figura 18: Localização das edificações

Fonte: Google Earth (2016) adaptado pelo Autor (2017)

Figura 19: Localização da edificação com relação a orientação

Fonte: Google Earth (2016) adaptado pelo Autor (2017)

Conforme apresentado na Tabela 5, têm-se os valores obtidos para as medições das 24 residências, na qual foram registrados os níveis determinantes do conforto térmico nos horários, temperaturas internas máximas, mínima e média, temperatura externa e umidade.

Tabela 5: Valores das medições de temperatura e umidade

TERMO-HIGRÔMETRO						
Nº da Edificação	Horários	Umidade (%)	Temperatura Interna	Temperatura Interna (mínima)	Temperatura Interna (máxima)	Temperatura Externa
9	15:10	45	31,3	18,6	31,3	31,3
10	15:15	44	31,3	18,6	31,3	31,3
11	15:23	52	31,4	18,6	31,4	31,4
12	15:29	46	31,6	18,6	31,6	31,8
13	15:37	43	32,1	18,6	32,1	32,4
14	15:46	41	33,6	18,6	33,6	33,8
15	15:53	40	33,9	18,6	33,9	34
16	16:00	41	34	18,6	34	34,3
17	16:07	41	34,3	18,6	34,3	34,4
18	16:15	51	31,3	18,6	31,3	31,3
19	16:22	48	33,7	18,6	33,7	33,8
20	16:30	46	33,9	18,6	33,9	34
29	14:44	34	30,5	18,6	36,3	30,7
30	14:52	36	33	18,6	36,3	33,2
31	15:02	58	32,9	18,6	36	33
32	15:10	57	32,4	18,6	35	34,1
33	15:18	35	32,4	18,6	36,3	34,1
34	15:22	37	32,4	18,6	36	34,1
35	15:30	37	33	18,6	36,3	33,2
36	15:42	37	32,4	18,6	35	34,1
42	16:36	34	33,1	18,6	36,1	33,3
43	16:42	35	32,9	18,6	36,3	33
44	16:50	35	30,5	18,6	36,3	30,7
45	16:56	34	32,4	18,6	35	32,7

Fonte: Autor (2017)

Considerando a medição de temperatura interna média, as residências 29 e 17 apresentaram o menor e maior valor, sendo 30,5°C e 34,3°C, respectivamente. Com relação aos valores mínimo e máximo a temperatura interna mínima não apresentou variação, sendo fixada em 18,6°C em todas as 24 unidades avaliadas da amostra. Já quanto a máxima, os valores ficaram em 31,3°C em três das residências, R9; R10; e R18, sendo a menor medição, e 36,3°C o maior valor em seis unidades residenciais (R29; R30; R33; R35; R43; R44).

Avaliando os valores de temperatura externa, os valores mínimos ficaram fixados em 30,7°C para a menor medição e 34,4°C para a maior medição, o que representa uma variação de 3,7°C na temperatura.

Na Tabela 6 apresentam-se os valores de medição dos níveis de ruído responsáveis

pelo conforto acústico, onde obteve-se o horário e os ruídos aferidos em decibéis, em pontos externos e internos nas edificações.

Tabela 6: Valores das medições de desempenho acústico

DECIBELÍMETRO								
Nº da Edificação	Horários	INTERNO			EXTERNO			
		Db c/ JANELA ABERTA			Db c/ JANELA FECHADA			P _{EXTERNO}
		P1	P2	P3	P1	P2	P3	
9	15:10	44,7	50,1	45	44,5	50	44,8	47,4
10	15:15	51,6	53,2	47	51,4	53	46,8	48,1
11	15:23	51,9	47	46,7	51,9	47	46,4	48,4
12	15:29	45	42,7	43	45,3	42,7	42,9	43,9
13	15:37	45	43,9	43	45	43,5	42	45,9
14	15:46	58,2	59,3	54	58	59	53,5	60,6
15	15:53	43,2	45	44	43,1	44,9	43,8	47,7
16	16:00	44	43,7	53	44	43,6	42,9	45,5
17	16:07	59,1	50,1	51,8	58	51,7	56,4	56,4
18	16:15	46,7	46	43	46,4	46	42,5	43,9
19	16:22	48,2	47,3	43,3	48	47,2	46,9	55,7
20	16:30	45	44,3	43	44,7	44,3	42	48,9
29	14:44	48,7	48,7	46,2	48,5	48,4	45,5	48,4
30	14:52	51,2	50,9	48	51	50,2	48	54,2
31	15:02	47,8	47	46,7	47,5	46,8	45	52,7
32	15:10	48	47,9	46	48,7	47,8	46,6	51,2
33	15:18	46,2	46,2	45,6	46	45,2	45,8	47,2
34	15:22	47	47,3	46	46,3	47	45,7	49,3
35	15:30	44,2	44	43,9	44	43,9	42,7	48,9
36	15:42	49,1	49	47,2	49	48,7	46,3	51,5
42	16:36	47,8	47,9	46,7	47,8	46,7	46	48,2
43	16:42	44,8	47	43,9	44,5	46,7	43	49,4
44	16:50	50,3	50,9	47,8	50	50,1	46,9	51
45	16:56	45,7	46,3	44,3	44,9	45,7	43,1	47,8

Fonte: Autor (2017)

Analisando as condições de produção e exposição aos ruídos, a edificação R14 apresenta os maiores valores para os pontos de medição P2 e P3, cozinha e dormitório, considerando a janela aberta, os quais foram 59,3Db e 54Db, bem como os maiores valores para as medições em P1 e P2, sala e cozinha, para a condição da janela fechada, que apresentaram 58 Db e 59Db, respectivamente. Ressalta-se que frente a exposição de ruído, nessa mesma residência observou-se que o ruído externo produzido foi de 60,6Db, o maior valor de medição da amostra.

No ponto de medição P1, com a janela aberta, as residências 15 e 17 apresentaram valores de 43,2Db e 59,1Db na medição, configurando o menor e maior valor aferido para o ruído na sala. E no mesmo ponto, com a janela fechada, a residência 15 apresentou a redução de 0,1Db na medição.

No ponto P2 e P3, com a janela aberta, a residência 12 apresentou 42,7Db e 43Db, respectivamente, sendo que as residências 13 e 20, apresentaram os mesmos valores na medição em P3.

Já com relação aos pontos, considerando a janela fechada, a residência 12 apresentou 42,7Db em P2 e as residências 13 e 20, 42Db no ponto P3. Considerando o menor nível de ruído externo a residência 12 apresentou a menor exposição no período de medição.

4.1.4 Análise desempenho térmico: Parâmetros ABNT NBR 15220/2003

De acordo com a análise no zoneamento bioclimático brasileiro da ABNT NBR 15220/2003, ilustrado na Figura 20, foi possível determinar que a cidade de Nova Prata do Iguaçu, Paraná, pertencem à zona bioclimática 3.

Figura 20: Zona Bioclimática 3



Fonte: ABNT NBR 15220 (2003)

Para a zona identificada, a ABNT NBR 15220 (2003), que trata do Desempenho Térmico em Edificações, recomenda às edificações construídas no município e enquadrada na

na Zona 3 que:

1. Aberturas para ventilação com dimensão de tamanho médio, e o sombreamento permitindo o sol somente durante a estação do inverno, conforme a Figura 21.

Figura 21: Aberturas para ventilação para a zona bioclimática 3

Aberturas para ventilação	Sombreamento das aberturas
Médias	Permitir sol durante o inverno

Fonte: ABNT NBR 15220 (2003)

Conforme parâmetros da norma, as aberturas consideradas médias, correspondem entre 15% a 25% da área do ambiente considerado, conforme destaque na Figura 22.

Figura 22: Parâmetros para dimensão das aberturas para ventilação

Tabela C.1 - Aberturas para ventilação

Aberturas para ventilação	A (em % da área de piso)
Pequenas	$10\% < A < 15\%$
Médias	$15\% < A < 25\%$
Grandes	$A > 40\%$

Fonte: ABNT NBR 15220 (2003)

2. Vedações externas devem ser do tipo leve, e cobertura leve isolada, conforme apresentado na Figura 23.

Figura 23 - Tipos de vedações externas para a Zona Bioclimática 3

Vedações externas
Parede: Leve refletora
Cobertura: Leve isolada

Fonte: ABNT NBR 15220 (2003)

Considerando os parâmetros para paredes e coberturas, tem-se na Figura 24 os valores determinantes para os sistemas de vedação.

Figura 24: Parâmetros de transmitância térmica para paredes e cobertura**Tabela C.2 - Transmitância térmica, atraso térmico e fator de calor solar admissíveis para cada tipo de vedação externa**

Vedações externas		Transmitância térmica - U W/m ² .K	Atraso térmico - ϕ Horas	Fator solar - FS ₀ %
Paredes	Leve	$U \leq 3,00$	$\phi \leq 4,3$	$FS_0 \leq 5,0$
	Leve refletora	$U \leq 3,60$	$\phi \leq 4,3$	$FS_0 \leq 4,0$
	Pesada	$U \leq 2,20$	$\phi \geq 6,5$	$FS_0 \leq 3,5$
Coberturas	Leve isolada	$U \leq 2,00$	$\phi \leq 3,3$	$FS_0 \leq 6,5$
	Leve refletora	$U \leq 2,30.FT$	$\phi \leq 3,3$	$FS_0 \leq 6,5$
	Pesada	$U \leq 2,00$	$\phi \geq 6,5$	$FS_0 \leq 6,5$

Fonte: ABNT NBR 15220 (2003)

Conforme determinado para a vedação externa das paredes considerada leve refletora a transmitância térmica deve ser inferior ou igual a 3,60 W/m²K e para a cobertura leve isolada a transmitância deve ser inferior ou igual a 2,00 W/m²K.

3. Estratégias de condicionamento térmico passivo são identificadas na Figura 25.

Figura 25: Estratégias de condicionamento térmico passivo para a Zona Bioclimática 3

Estação	Estratégias de condicionamento térmico passivo
Verão	J) Ventilação cruzada
Inverno	B) Aquecimento solar da edificação C) Vedações internas pesadas (inércia térmica)
Nota: Os códigos J, B e C são os mesmos adotados na metodologia utilizada para definir o Zoneamento Bioclimático do Brasil (ver anexo B).	

Fonte: NBR 15220 (2003)

As estratégias de condicionamento térmico passivo para a Zona Bioclimático 3, caracterizam para a estação do verão a necessidade de ventilação cruzada, e no período de inverno aquecimento solar da edificação e vedações internas pesadas com inércia térmica.

Os valores considerados para o cálculo da resistência térmica do fechamento foram: 0,10 m de espessura do fechamento (L) e uma condutibilidade térmica de 1,75 W/m²⁰C para o concreto (λ), onde obteve-se uma resistência térmica de 0,057 m²⁰C/W, conforme cálculo representado na Equação 04.

$$R = \frac{0,1}{1,75} \quad (04)$$

$$R = 0,057 \text{ m}^2\text{°C/W}$$

Considerando $0,04 \text{ m}^2\text{°C/W}$ para a resistência superficial externa, $0,17 \text{ m}^2\text{°C/W}$ para a resistência superficial interna e a resistência da camada obtida, obteve-se uma resistência térmica total de $0,267 \text{ m}^2\text{°C/W}$, conforme apresentado na Equação 05. E os valores considerados e obtidos determinaram uma transmitância térmica de $3,745 \text{ W/m}^2\text{°C}$, apresentado na Equação 06.

$$R_t = 0,04 + 0,17 + 0,057 \quad (05)$$

$$R_t = 0,267 \text{ m}^2\text{°C/W}$$

$$U = \frac{1}{0,267} \quad (06)$$

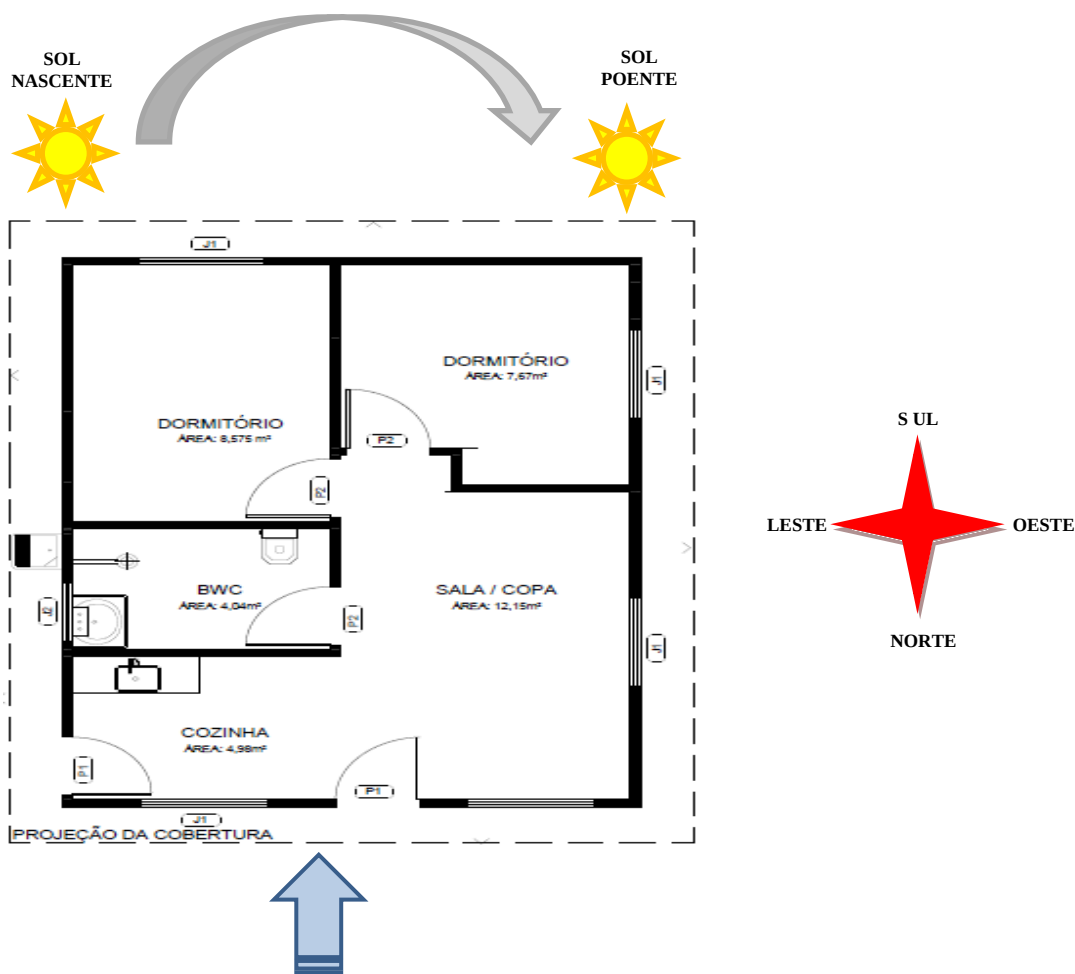
$$U = 3,745 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

Com base na análise das diretrizes construtivas das unidades habitacionais foi possível concluir que durante a concepção dos projetos das residências em questão não foram observadas as características descritas na ABNT NBR 15220 (2003), tais como: vedações da envoltória com paredes de característica leve refletora, pois de acordo com a tabela C.2 da referida norma, a transmitância térmica (U) deve ser $\leq 3,00$, e conforme cálculo da transmitância térmica encontrado para a edificação foi de $3,745 \text{ W/m}^2\text{°C}$, o que não atende a diretriz da norma.

Na classificação da referida norma, tabela C.1, as aberturas para ventilação médias são aquelas que apresentam aberturas para ventilação com área de abertura (A) em relação ao piso de $15\% < A < 25\%$. Considerando a relação das aberturas na cozinha, obteve-se uma proporção com relação à área de (A) $24,09\%$, no quarto foi de (A) $15,64\%$ e na sala (A) $19,75\%$, classificadas como médias, estando em acordo com a ABNT NBR 15220 (2003).

Com relação às residências com a fachada principal orientada a norte (Figura 26), no período do verão, os ambientes voltados para a orientação oeste receberão uma maior incidência no horário da tarde, e a projeção do beiral não é suficiente para determinar um sombreamento após às 15 horas.

Figura 26: Orientação das edificações



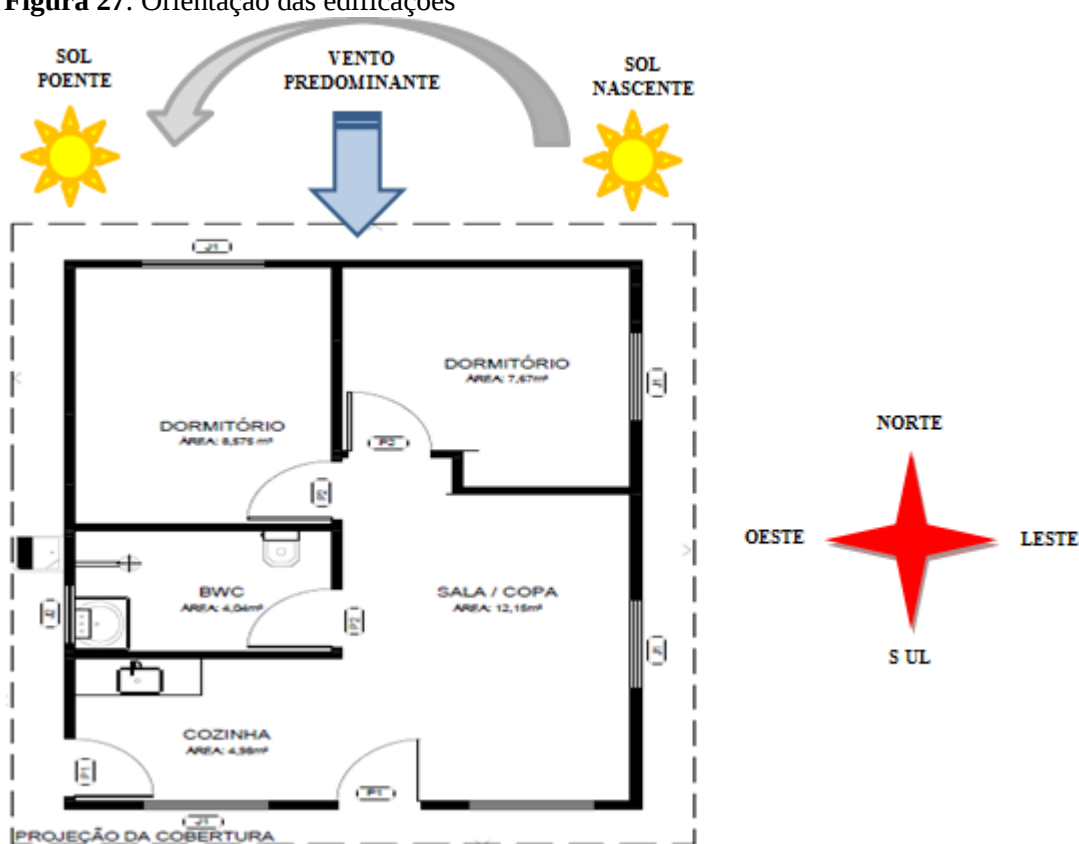
Fonte: Google Earth (2016) adaptado pelo Autor (2017)

Para a estação do inverno os ambientes localizados na fachada norte, cozinha e sala/copa, serão favorecidos com relação ao aquecimento solar, já os ambientes voltados para sul, que configura os dois dormitórios, serão prejudicados. Com relação à ventilação cruzada, que é considerada positiva na face norte, face de ventilação predominante em Nova prata do Iguaçu, observa-se a mesma ocorrerá somente se as portas e janelas dos ambientes permanecerem abertas, proporcionando fluxo de um ambiente ao outro, o que poderá não ser eficiente, tendo em vista que os ambientes opostos a entrada do fluxo, ou seja, os ambientes de saída, terão menor redução de temperatura, pois já ocorrerá um ganho de temperatura pela

massa de ar em função do percurso pelos ambientes de entrada.

Para as residências que estão em situação oposta, com a fachada principal orientada para (Figura 27), no período do verão, os ambientes da sala e um dormitório, que estão orientados a leste receberão incidência de radiação direta na parte da manhã, já os ambientes de serviço, cozinha e banheiro e o dormitório com maior área sofrerão incidência de radiação proveniente da orientação oeste ao longo do período da tarde, e conforme analisado anteriormente, a projeção do beiral não possui uma extensão suficiente para proporcionar sombreamento após as 15h.

Figura 27: Orientação das edificações



Fonte: Google Earth (2016) adaptado pelo Autor (2017)

Na estação do inverno os ambientes localizados na fachada sul, cozinha e sala/copa, serão prejudicados com relação ao aquecimento solar, já os ambientes voltados a norte, que configuram os dois dormitórios, receberão radiação solar proporcionando o aquecimento adequado. Com relação à ventilação cruzada, predominante norte, a mesma ocorrerá somente se as portas e janelas dos ambientes permanecerem abertas, proporcionando um fluxo de um ambiente ao outro, e conforme descrito anteriormente, a estratégia poderá não ser eficiente na menor redução de temperatura interna na estação do verão.

4.1.5 Análise desempenho térmico: Parâmetros ABNT NBR 15575/2003

Conforme os parâmetros de análise da ABNT NBR 15575 (2013), onde se aplicou o procedimento simplificado, que objetiva verificar o atendimento aos requisitos e critérios para o envelopamento da obra, com base na transmitância térmica e capacidade térmica das paredes de fachada, a edificação não atende aos critérios de desempenho, para a Zona Bioclimática 3.

Para as vedações os valores de U padronizados pela norma (Figura 28) indicam uma transmitância térmica (U) limite de $\leq 2,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ para absorvidade (α) $\geq 0,6$ e $U \leq 3,7 \text{ W/m}^2\text{K}$, para absorvidade (α) $\leq 0,6$. O valor verificado foi de $3,745 \text{ W/m}^2\text{K}$, não atendendo a diretriz, independente do parâmetro de absorvidade, relacionado a cor da envoltória.

Figura 28: Transmitância térmica

Tabela 13 — Transmitância térmica de paredes externas

Transmitância Térmica U W/m ² .K		
Zonas 1 e 2	Zonas 3, 4, 5, 6, 7 e 8	
$U \leq 2,5$	$\alpha^* \leq 0,6$	$\alpha^* > 0,6$
	$U \leq 3,7$	$U \leq 2,5$

* α é absorvância à radiação solar da superfície externa da parede.

Fonte: ABNT NBR 15575 (2013)

4.1.6 Análise desempenho acústico: Parâmetros ABNT NBR 10152/1987

Considerando os valores referentes para os ambientes analisados, observa-se na Tabela 7 os resultados das medições da amostra. Na medição da sala, considerando as janelas abertas e fechadas, 34 unidades estão entre a faixa de 40-50Db aceitável segundo os requisitos da ABNT NBR (10152), e 11 residências não atendem os parâmetros aceitáveis segundo a norma citada, com níveis superiores ao limite estabelecido para o ambiente que é de 50Db . Nos dormitórios a faixa aceitável é entre 35-45Db (Figura 6), 19 unidades atendem os parâmetros, e 26 unidades não atendem os valores estabelecidos, o que representa um nível sonoro de desconforto.

Tabela 7: Valores das medições de desempenho acústico

DECIBELÍMETRO				
Nº da Edificação	Horários	INTERNO		EXTERNO
		Db c/ JANELA ABERTA	Db c/ JANELA FECHADA	P _{EXTERNO}

Tabela 7 (Continuação): Valores das medições de desempenho acústico

		P1	P2	P3	P1	P2	P3	
1	14:00	51	47	45	51	46,7	44,7	49,3
2	14:10	46	47,5	42,8	45,7	47,4	42,6	48
3	14:16	46,6	48	44	46,6	47,7	43,6	49,2
4	14:23	44,9	45,4	45,1	44,9	45,3	45	45,2
5	14:31	58,7	57	43,7	57,5	35,4	43,5	57
6	14:40	47,8	46	48,5	47,8	45,6	48,4	55,8
7	14:46	49	52	47,4	49	51,4	47	54,2
8	14:57	48,9	50,2	47,6	48,7	50,2	47,2	50,6
9	15:10	44,7	50,1	45	44,5	50	44,8	47,4
10	15:15	51,6	53,2	47	51,4	53	46,8	48,1
11	15:23	51,9	47	46,7	51,9	47	46,4	48,4
12	15:29	45	42,7	43	45,3	42,7	42,9	43,9
13	15:37	45	43,9	43	45	43,5	42	45,9
14	15:46	58,2	59,3	54	58	59	53,5	60,6
15	15:53	43,2	45	44	43,1	44,9	43,8	47,7
16	16:00	44	43,7	53	44	43,6	42,9	45,5
17	16:07	59,1	50,1	51,8	58	51,7	56,4	56,4
18	16:15	46,7	46	43	46,4	46	42,5	43,9
19	16:22	48,2	47,3	43,3	48	47,2	46,9	55,7
20	16:30	45	44,3	43	44,7	44,3	42	48,9
21	16:40	48,2	48,1	44	48	47,9	43,3	53,7
22	16:52	46	46,2	45,2	46	45,9	45,7	49,2
23	17:00	50,9	49,9	45	50,2	49,7	44,8	45,2
24	14:02	53,9	54,2	47,9	52,8	54	47,5	48,9
25	14:10	47	46,9	45	47,3	46,8	45	58,5
26	14:17	45,2	44	45,8	45	43,8	45,7	48,9
27	14:24	47	46,4	45	47	46,3	46,7	46
28	14:37	44,2	44	43,5	44	43,9	43,2	48,3
29	14:44	48,7	48,7	46,2	48,5	48,4	45,5	48,4
30	14:52	51,2	50,9	48	51	50,2	48	54,2
31	15:02	47,8	47	46,7	47,5	46,8	45	52,7
32	15:10	48	47,9	46	48,7	47,8	46,6	51,2
33	15:18	46,2	46,2	45,6	46	45,2	45,8	47,2
34	15:22	47	47,3	46	46,3	47	45,7	49,3
35	15:30	44,2	44	43,9	44	43,9	42,7	48,9
36	15:42	49,1	49	47,2	49	48,7	46,3	51,5
37	15:51	51	51	49,2	51	49,7	48,7	54,2
38	15:59	46,1	45,5	46	46	45,4	45,7	47,5
39	16:10	47,2	47	45,4	47,2	47	45,3	49,2
40	16:22	49,2	49,2	47,2	48,7	48,4	46,2	48,9
41	16:30	46,7	45,9	45	46,2	45,1	44,5	50,3
42	16:36	47,8	47,9	46,7	47,8	46,7	46	48,2
43	16:42	44,8	47	43,9	44,5	46,7	43	49,4
44	16:50	50,3	50,9	47,8	50	50,1	46,9	51
45	16:56	45,7	46,3	44,3	44,9	45,7	43,1	47,8

Fonte: Autor (2017).

4.1.7 Análise desempenho acústico: Parâmetros ABNT NBR 15575/2003

A ABNT NBR 15575/2003 apresenta os requisitos e parâmetros para a verificação do isolamento acústico entre o meio externo e interno entre unidades autônomas e entre dependências de uma unidade e áreas comuns.

Para facilitar a comparação indicam-se os níveis de desempenho inferior (I), médio (M) e superior (S), como ilustrado na Figura 29. Com a análise dos dados coletados nas medições da Tabela 7, pode-se concluir que as 45 residências não atendem aos níveis de isolamento entre os ambientes e a área externa.

Figura 29: Diferença padronizada de nível entre ambientes, $D_{nT,w}$, para ensaio de campo

Elemento	$D_{nT,w}$ [dB]	Nível de desempenho
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), nas situações onde não haja ambiente dormitório	40 a 44	M
	45 a 49	I
	≥ 50	S
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), no caso em que pelo menos um dos ambientes é dormitório	45 a 49	M
	50 a 55	I
	≥ 55	S
Parede cega de dormitórios entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, como corredores e escadaria nos pavimentos	40 a 44	M
	45 a 49	I
	≥ 50	S
Parede cega de salas e cozinhas entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual como corredores e escadaria dos pavimentos	30 a 34	M
	35 a 39	I
	≥ 40	S
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	45 a 49	M
	50 a 54	I
	≥ 55	S
Conjunto de paredes e portas de unidades distintas separadas pelo hall ($D_{nT,w}$ obtida entre as unidades).	40 a 44	M
	45 a 49	I
	≥ 50	S

Fonte: NBR 15575 (2003)

5 CAPÍTULO 5

5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os objetivos inicialmente propostos para a atual pesquisa foram alcançados, os quais foram realizados as medições *in loco* nas residências com o propósito de analisar o desempenho térmico e o desempenho acústico em 45 unidades habitacionais, verificando se os resultados encontrados nas medições alcançaram os critérios estabelecidos nas normas ABNT NBR 10152/1987, NBR 15575/2013 e NBR 15220/2003. Assim, ao concluir a pesquisa verificou-se que o conforto térmico das residências analisadas não atendem os parâmetros das normas estabelecidas e o conforto acústico em relação à NBR 10152(1987), das 45 edificações analisadas, 34 residências, representando 75% da amostra atendem as exigências no nível sonoro aceitável. Na análise da NBR 15220(2003) as residências com relação ao isolamento acústico estão em nível sonoro de desconforto, não atendendo as exigências da norma.

A metodologia aplicada ao estudo levou em consideração os cálculos e conceitos sobre resistência térmica, onde se pode verificar que os valores referentes à espessura e a condutibilidade térmica influenciaram diretamente nos resultados, principalmente quando avaliado a transmitância térmica, que depende do valor total da resistência térmica imposta pelo fechamento.

A construção civil no Brasil, por muito tempo se manteve atrasada em relação à tecnologia em seus processos construtivos, devido a vários fatores extremamente significantes que impediam o desenvolvimento do setor. No entanto, no cenário atual, a industrialização dos processos construtivos vem aumentando continuamente com as oportunidades que o governo federal esta promovendo para preencher as necessidades da população.

Para a área da Engenharia Civil, assim como para o conhecimento do profissional, a elaboração desse trabalho foi de suma importância pelo aumento da demanda através do novo sistema construtivo de paredes moldado *in loco* na construção civil.

6 CAPÍTULO 6

6.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Sugere-se como uma continuidade da pesquisa, caracterizando uma consideração para trabalhos futuros que complementariam a pesquisa realizada, ou que podem vir a melhorar os resultados:

- Realizar um comparativo térmico e acústico entre os métodos construtivos, alvenaria convencional e parede de concreto moldada no local;
- Realizar um estudo de conforto térmico em edificações com mais de um pavimento com o mesmo método construtivo utilizado;
- Realizar um estudo de conforto acústico para o sistema construtivo de alvenaria;
- Realizar um estudo de avaliação térmica por simulação computacional nas mesmas residências.

REFERÊNCIAS

- ALVES, C. O.; PEIXOTO, E. J. S.; **Estudo comparativo de custo entre alvenaria estrutural e paredes de concreto armado**. 2011. Trabalho de conclusão de curso, Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade da Amazônia, Belém, PA, 2011.
- AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. São Paulo: Difel, 1986.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-15575**. Desempenho - parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2013.
- _____. **NBR-10152**. Níveis de Ruído para Conforto Acústico - parte 4: Condições gerais. Rio de Janeiro, 1987.
- _____. **NBR-15220-3**. Desempenho térmico de edificações. Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, 2003.
- _____. **NBR-15220-2**. Desempenho térmico de edificações. Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro, 2003.
- _____. **NBR-15220-1**. Desempenho térmico de Edificações. Parte 1: Definições, símbolos e unidades. Rio de Janeiro, 2003.
- CARVALHO, R.P. **Acústica arquitetônica**. 2.ed. Brasília: Thesaurus, p.238, 2010.
- CBIC. **Desempenho de edificações habitacionais: guia orientativo para atendimento à norma ABNT NBR 15575/2013./Câmara Brasileira da Indústria da Construção**.Fortaleza: Gadioli Cipolla Comunicação, 2013.
- CBIC. **Brasil adota novos padrões de qualidade para construção de casas e apartamentos**. Brasília: Sandra bezerra, 2013.
- CORBELLA, O. **Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos – conforto ambiental**. Rio de Janeiro: Revan, 2003.
- CORREIA,I. **Conforto Acústico: novas tecnologias que garantem mais conforto e mais silêncio**. Disponível em:
<https://correiaelegante.wordpress.com/2009/05/12/conforto-acustico-novas-tecnologias-que-garantem-mais-conforto-e-mais-silencio/>. Acesso em: 18 Fev. 2017.
- DONAIISKY, E.; OLIVEIRA, G. H. C.; MENDES, N. **Algoritmos PMV-MBPC para conforto térmico em edificações e aplicação em uma célula-teste**. Sba: Controle e Automação, v. 21, n. 1, p. 1-13, 2010.
- FANGER, P. O. **Thermal Comfort**. New York: McGraw-Hill Book Company, 1970
- FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. **Manual de Conforto Térmico**. 8.ed. São Paulo: Studio Nobel, 2003.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Vamos conhecer o Brasil, Característica da população** Disponível em: <http://teen.ibge.gov.br/sobre-o-brasil/populacao/populacao-rura-e-urbana.html>. Acesso em: 27 Mar. 2017.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F.O.R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. 3Ed. São Paulo; ProLivros, 2014.

LAMBERTS, R. **Conforto e stress térmico**. 2014. Florianópolis: Lab EEE - Universidade Federal de Santa Catarina, 2014.

_____. **Arquitetura e clima**. Florianópolis: Lab EEE - Universidade Federal de Santa Catarina, 2016.

MATEUS, D. **Acústica de edifícios e controlo de ruído**. Disponível em: <https://paginas.fe.up.pt/~earpe/conteudos/ARE/Apontamentosda disciplina.pdf>. Acesso em: 7 Mar. 2017.

MOURA, G. A. C. DE M. **Para o mercado, conforto térmico faz a diferença**. 2013. Disponível em: <http://www.cimentoitambe.com.br/para-o-mercado-conforto-termico-faz-a-diferenca/>. Acesso em: 26 Mar. 2017.

OLIVEIRA, S.L. **Tratado de metodologia científica**. São Paulo: Pioneira Thomson, 1999. 320p.

PINHEIRO, J. **Conforto Térmico**. Disponível em: <http://www.webartigos.com/artigos/conforto-termico>. Acesso em: 10 Mar. 2017.

RORIZ, Maurício. **Zona de conforto térmico: um estudo comparativo de diferentes abordagens**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura). 1987. Departamento de Arquitetura e Planejamento, Universidade de São Paulo. São Carlos, 1987.

RUAS, A.C. **Avaliação de Conforto Térmico Contribuição à Aplicação Prática das Normas Internacionais**. São Paulo: Fundacentro, p.77, 2001.

_____. **Conforto Térmico nos Ambientes de Trabalho**. São Paulo: Fundacentro, p. 97, 1999.

SANTOS, F. M. de M. **Análise de desempenho térmico e lumínico em uma escola pública na cidade de Cuiabá/MT: estudo de caso** [dissertação]. 2008. Universidade Federal de Mato Grosso, Programa de PósGraduação em Física Ambiental, p. 117, 2008.

SILVA, N. R. **Avaliação do conforto térmico**. 2008. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Segurança do Trabalho) – Universidade Santa Cecília, Santos. Disponível em: <http://www.ergopro.com.br/downloads/monografia.pdf>. Acesso em: 07 Abr. 2017.

TRIOLA, M. F. **Introdução à Estatística**. 7. Ed. Rio de Janeiro: LTC, 1999.

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e climatologia**. Recife: Versão Digital, 2006. Disponível em:

http://www.icat.ufal.br/laboratorio/clima/data/uploads/pdf/METEOROLOGIA_E_CLIMATOLOGIA_VD2_mar_2006.pdf. Acesso: 29 Mar. 2017.

VIEIRA, L.B. **Projeto de paredes de concreto armado: apresentação das recomendações normativas e avaliação da influência das aberturas**. Dissertação (Pós-graduação em Engenharia de Estruturas). 2014. Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2014.

ANEXOS

ANEXO A - Características térmicas dos materiais

Material	λ (W/m°C)	d (kg/m ³)	c (J/kg°C)
Água	0,58	1000	4187
Algodão	0,06	80	
Amianto	0,15	580	
Amianto projetado	0,05	160	
Areia seca	0,49	1600	2093
Areia úmida	2,35	variável	8374
Argamassa de cal e cimento (ou de cimento)	0,65	1600	754
	0,85	1800	754
	1,05	2000	754
Argamassa celular	0,30	600	1047
	0,51	1000	1047
	0,81	1400	1047
Argamassa de gesso (ou de cal e gesso)	0,53	1000	837
	0,70	1200	837
Argila	0,72	1720	
Asfalto puro	0,70	2100	
Asfalto com areia	1,15	2100	
Borrachas sintéticas			
— formofenólicas	0,40	1300	
— mastique para junta	0,40	1350	
— poliamida	0,40	1100	
— policlorure de vinil	0,20	1350	
— poliéster	0,40	1550	
— polietileno	0,40	1000	
Cerâmica	0,46	variável	837
Cimento-amianto	0,65	1600	
	0,95	2000	
Cimento-amianto-celulose	0,46	1600	
Concreto aparente	1,65	2200	1005
	1,91	2400	1005
Concreto armado	1,75	2400	1005

Fonte: Frota (2001).

ANEXO B - Indicando os valores máximos admitidos para a transmitância térmica de paredes externas.

Transmitância térmica U W/m ² .K		
Zonas 1 e 2	Zonas 3, 4, 5, 6, 7 e 8	
U ≤ 2,5	$\alpha^a \leq 0,6$	$\alpha^a > 0,6$
	U ≤ 3,7	U ≤ 2,5
^a - α é absorptância à radiação solar da superfície externa da parede.		

Fonte: CBIC (2013)

ANEXO C - Transmitância térmica, atraso térmico e fator de calor solar admissíveis para cada tipo de vedação externa.

Vedações externas		Transmitância térmica - U W/m ² .K	Atraso térmico - φ Horas	Fator solar - FS _o %
Paredes	Leve	$U \leq 3,00$	$\varphi \leq 4,3$	$FS_o \leq 5,0$
	Leve refletora	$U \leq 3,60$	$\varphi \leq 4,3$	$FS_o \leq 4,0$
	Pesada	$U \leq 2,20$	$\varphi \geq 6,5$	$FS_o \leq 3,5$
Coberturas	Leve isolada	$U \leq 2,00$	$\varphi \leq 3,3$	$FS_o \leq 6,5$
	Leve refletora	$U \leq 2,30.FT$	$\varphi \leq 3,3$	$FS_o \leq 6,5$
	Pesada	$U \leq 2,00$	$\varphi \geq 6,5$	$FS_o \leq 6,5$

Fonte: NBR 15220 (2003)

ANEXO D - Indicando os valores máximos admitidos para a transmitância térmica de paredes externas

Transmitância térmica U W/m².K		
Zonas 1 e 2	Zonas 3, 4, 5, 6, 7 e 8	
U ≤ 2,5	$\alpha^a \leq 0,6$	$\alpha^a > 0,6$
	U ≤ 3,7	U ≤ 2,5
^a - α é absorptância à radiação solar da superfície externa da parede.		

Fonte: CBIC (2013)