

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

ANDERSON LUCAS DA ROCHA PONTES

**INFLUÊNCIA DO PROJETO DAS ABERTURAS NO CONFORTO
TÉRMICO DE APARTAMENTOS E RESIDENCIAS
UNIFAMILIARES EM PATO BRANCO - PR.**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PATO BRANCO

2014

ANDERSON LUCAS DA ROCHA PONTES

**INFLUÊNCIA DO PROJETO DAS ABERTURAS NO CONFORTO
TÉRMICO DE APARTAMENTOS E RESIDÊNCIAS
UNIFAMILIARES EM PATO BRANCO, PR.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Pato Branco.

Orientador: Prof. Dr. José Ilo Pereira Filho.

PATO BRANCO

2014



TERMO DE APROVAÇÃO

INFLUÊNCIA DO PROJETO DAS ABERTURAS NO CONFORTO TÉRMICO DE APARTAMENTOS E RESIDÊNCIAS UNIFAMILIARES EM PATO BRANCO, PR

ANDERSON LUCAS DA ROCHA PONTES

Aos 5 dias do mês de dezembro do ano de 2014, às 13h30min, na Sala de Treinamento da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, este trabalho de conclusão de curso foi julgado e, após argüição pelos membros da Comissão Examinadora abaixo identificados, foi aprovado como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná– UTFPR, conforme Ata de Defesa Pública nº 46-TCC/2014.

Orientador : Prof. Dr. JOSÉ ILO PEREIRA FILHO (DACOC / UTFPR-PB)

Membro 1 da Banca: Prof. Msc. JOSÉ V. MONTEIRO LARCHER (DACOC / UTFPR-PB)

Membro 2 da Banca: Prof^a Msc. RAYANA CAROLINA CONTERNO (DACOC / UTFPR-PB)

DEDICATÓRIA

Aos meus pais Derci da Rocha Pontes e Marli Mohr Pontes por toda força prestada em todos os momentos de minha vida. E as demais pessoas que influenciaram positivamente nessa conquista.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço minha família, pela força e incentivo prestados nessa jornada, por sempre estarem presentes nos momentos mais felizes e também nos não tão felizes assim, agradeço simplesmente pelo seu amor.

Agradeço meu orientador, Prof. Dr . José Ilo Pereira Filho, por me incentivar e contribuir com seu conhecimento na elaboração desse trabalho. Agradeço, também, aos professores membros da banca, Profa. Msc. Rayana Carolina Conterno e ao Prof. Msc. José Valter M. Larcher, que enriqueceram este trabalho com suas recomendações.

Ao Departamento Acadêmico de Construção Civil e todo o corpo docente, por toda a contribuição e conhecimento repassados durante minha graduação.

Por fim agradeço meus colegas de graduação, meus amigos e todos que contribuíram para a realização desta etapa tão importante da minha vida.

EPÍGRAFE

“Nós moldamos nossos edifícios;
depois eles nos moldam!”

(Winston Churchill)

RESUMO

PONTES, Anderson Lucas da Rocha. **Influência do projeto das aberturas no conforto térmico de apartamentos e residências unifamiliares em pato branco, pr.** 2014. Proposta de Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Engenharia Civil) – Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2014.

A finalidade deste trabalho é um estudo de caso em que se realizam comparativos de dados de temperatura e umidade relativa do ar, obtidos por *Dataloggers*, em casas e apartamentos, com mesmas características e orientações solares diferentes, de uma mesma localidade ao mesmo tempo, no Centro (apartamentos) e no Bairro Fraron (residências unifamiliares), ambos em Pato Branco-PR, podendo assim obter as diferenças das informações coletadas, tornando possível uma comparação do conforto térmico das residências estudadas. Avaliados os números obtidos, através de gráficos e tabelas, verificou-se a conformidade do projeto de aberturas com a NBR 15220. Usando o software HEED (Home Energy Efficient Design), verificou-se o comportamento externo e interno dos locais estudados durante o ano. Desta maneira, foi possível apontar algumas medidas para melhorar o conforto térmico nas residências e apartamentos observados.

Palavras-chave: conforto térmico, projeto de aberturas, NBR 15220.

ABSTRACT

PONTES, Anderson Lucas da Rocha. **Importance of openings about thermal comfort of apartments and single family homes in Pato Branco, PR. 2014.** Suggestion Course Conclusion Work (Civil Engineering Degree) – Academic Department of Civil Construction, Federal Technological University of Paraná. Pato Branco, 2014.

The purpose of this paper is a case study where accounts for comparative amongst temperature and relative humidity, registered by Dataloggers, installed in houses and apartments locality in same region at the same time, the downtown (apartments) and in the neighborhood Fraron (single family homes), located at Pato Branco-PR, so may getting differences of the information collected, making it possible to observe the thermal comfort of the studied sites. Analyzing the numbers purchased through graphics and tables, there was compliance of the port project with NBR 15220. Using HEED software (Home Energy Efficient Design), there was the external and internal behavior of the sites studied during the year. In this way it was possible to point out some measures to improve the thermal comfort in homes and apartments observed.

Keywords: thermal comfort, openings project, NBR 15220.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Troca térmica do corpo com o meio.....	16
Figura 2 – Isolinhas de conforto térmico e umidade relativa do ar para mês de janeiro no Paraná.....	18
Figura 3 – Isolinhas de conforto térmico e umidade relativa do ar para mês de maio no Paraná.	18
Figura 4 – Isolinhas de conforto térmico e umidade relativa do ar para mês de julho no Paraná.	19
Figura 5 – Isolinhas de conforto térmico e umidade relativa do ar para mês de outubro no Paraná.....	19
Figura 6 – Saída de ar: Solução correta.....	21
Figura 7 – Saída de ar: Solução errônea.....	21
Figura 8 – Ventilação cruzada.....	21
Figura 9 – Insolação no inverno.	23
Figura 10 – Insolação no verão.....	24
Figura 11 – Insolação regiões frias.	24
Figura 12 – Insolação regiões temperadas.....	25
Figura 13 – Insolação regiões quentes e áridas.	25
Figura 14 – Insolação regiões úmidas.	26
Figura 15 – Troca de calor de elementos opacos.	26
Figura 16 – Troca de calor de elementos translúcidos.	26
Figura 17 – Localização de Pato Branco.	27
Figura 18 – Zoneamento bioclimático brasileiro.....	29
Figura 19 – Zoneamento bioclimático brasileiro, zona 2.	29
Figura 20 – Carta bioclimática zona bioclimática 2.	31
Figura 21 – Carta bioclimática de Pato Branco.....	31
Figura 22 – Beirais e a ventilação.....	33
Figura 23 – Fluxograma.	38
Figura 24 – Residências analisadas.....	39
Figura 25 – Residências analisadas Rua Vinícius de Moraes.	39
Figura 26 – Residência analisada Rua Amílio Dalla Valle.....	39
Figura 27 – Condomínio analisado na região central.....	40
Figura 28 – Edifício Rio Tâmis.	40
Figura 29 – Datalogger utilizado na pesquisa.	41
Figura 30– Localização dos Dataloggers nas residências do Fraron.	42
Figura 31 – Localização dos Dataloggers no Edifício Rio Tâmis.....	43
Figura 32 – Previsão do tempo período quente. Bairro Fraron.....	44
Figura 33 – Previsão do tempo período frio. Bairro Fraron.....	46
Figura 34 – Previsão do tempo período calor. Centro.	49
Figura 35 – Previsão do tempo período frio. Centro.	52

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01 – Dias quentes residência do Bairro Fraron com fachada leste.	44
Gráfico 02 – Dias quentes residência do Bairro Fraron com fachada leste.	44
Gráfico 03 – Dias quentes residência do Bairro Fraron com fachada oeste.	45
Gráfico 04 – Dias frios residência do Bairro Fraron com fachada leste.	46
Gráfico 05 – Dias frios residência do Bairro Fraron com fachada leste.	47
Gráfico 06 – Dias frios residência do Bairro Fraron com fachada oeste.	47
Gráfico 07 – Dias quentes apartamento no centro com fachada norte/oeste.	49
Gráfico 08 – Dias quentes apartamento no centro com fachada norte/leste.....	50
Gráfico 09 – Dias quentes apartamento no centro com fachada sul/leste.	50
Gráfico 10 – Dias quentes apartamento no centro com fachada sul/oeste.	51
Gráfico 11 – Dias dias frios apartamento no centro com fachada norte/oeste.	53
Gráfico 12 – Dias frios apartamento no centro com fachada norte/leste.....	53
Gráfico 13 – Dias frios apartamento no centro com fachada sul/leste.....	53
Gráfico 14 – Dias frios apartamento no centro com fachada sul/oeste.	54
Gráfico 15 – Temperaturas externas, HEED.	56
Gráfico 16 – Temperaturas internas, residência Fraron fachada oeste, HEED.	57
Gráfico 17 – Temperaturas internas, residência Fraron fachada leste, HEED.	57
Gráfico 18 – Temperaturas internas, apartamento centro fachada Sul/Oeste, HEED.....	58
Gráfico 19 – Temperaturas internas, apartamento centro fachada Sul/Leste, HEED.	59
Gráfico 20 – Temperaturas internas, apartamento centro fachada Norte/Leste, HEED.	59
Gráfico 21 – Temperaturas internas, apartamento centro fachada Norte/Oeste, HEED.....	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Área mínima de ventilação em dormitórios e salas de estar.....	22
Tabela 02 - Aberturas para ventilação e sombreamento das aberturas para a Zona Bioclimática 2.....	30
Tabela 03- Tipos de vedações externas para a Zona Bioclimática 2.....	30
Tabela 04 - Estratégias de condicionamento térmico passivo para a Zona Bioclimática 2.....	30
Tabela 05 – Diretrizes e áreas mínimas de habitações populares.....	34
Tabela 06 – Diretrizes e áreas mínimas para residências e apartamentos	34
Tabela 07 – Comparativo casa do Fraron dias quentes.....	45
Tabela 08 – Comparativo casas do Fraron dias frios.....	48
Tabela 09 – Comparativo apartamentos do Centro dias quentes.....	51
Tabela 10 – Comparativo apartamentos do Centro dias frios.....	54
Tabela 11 - Aberturas para ventilação	55
Tabela 12 - Classificação de aberturas para ventilação das casas do Fraron.....	55
Tabela 13 - Classificação de aberturas para ventilação dos apartamentos Edifício Rio Tâmis.....	56
Tabela 14 – Comparativo entre HEED e Datalogger, Fraron.....	58
Tabela 15 – Comparativo entre HEED e Datalogger, Centro.....	60

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 OBJETIVOS.....	12
1.1.1 OBJETIVO GERAL	12
1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
1.2 JUSTIFICATIVA.....	12
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1 CONFORTO TÉRMICO	15
2.1.1 CORPO HUMANO E O MEIO.....	15
2.1.2 TEMPERATURA AMBIENTAL.....	17
2.1.3 UMIDADE RELATIVA DO AR	17
2.1.4 VELOCIDADE DO AR.....	20
2.1.5 VENTILAÇÃO NATURAL.....	20
2.1.6 QUALIDADE DO AR.....	22
2.1.7 RADIAÇÃO	23
2.2 PATO BRANCO.....	27
2.3 BIOCLIMA.....	28
2.3.1 CLIMA EM PATO BRANCO.....	29
2.4 RESIDÊNCIAS E ELEMENTOS CONSTRUTIVOS	31
2.4.1 JANELAS E ESQUADRIAS	32
2.4.2 BEIRAIS.....	33
2.5 CÓDIGO DE OBRAS DE PATO BRANCO	33
2.6 CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS	34
3 MÉTODO DE TRABALHO	37
3.2 LOCAIS DE ESTUDO	38
3.3 MATERIAIS UTILIZADOS.....	40
4 RESULTADOS	42
5 CONCLUSÃO	62
RERERÊNCIAS	65

1 INTRODUÇÃO

No primeiro século a.C., Vitruvius postulou que uma construção, para ser considerada arquitetura, deveria incorporar três elementos: *firmitas*, *utilitas* e *venustas* (GRANJA, 2009). Ou seja, solidez utilidade e beleza.

Para Lamberts et al (1997), o triângulo clássico de Vitruvius (solidez, utilidade e beleza), pode ser acrescido de um vértice, seria este o da eficiência energética.

O planeta Terra tem sofrido, nas últimas décadas, contínuas agressões que desencadearam um quadro de drástica deterioração do meio ambiente e redução dos recursos naturais (INMETRO/IDEC, 2002). Agressões como escassez de água, excesso de lixo, poluição do ar, aquecimento global do planeta, buraco na camada de ozônio, chuvas ácidas, carência de energia, desmatamentos, redução da biodiversidade, entre outros.

“Estilos como o pós-modernismo, o high-tech, o construtivismo e o deconstrutivismo mostram experiências significativas da preocupação crescente dos arquitetos com a melhoria da qualidade das edificações, inclusive considerando aspectos de eficiência energética e de conforto ambiental.” (LAMBERTS et al, 1997, p. 19)

Por esses motivos, no contexto atual da construção civil, esta cada vez mais em destaque a questão da sustentabilidade e do aproveitamento de recursos naturais, onde entra o aproveitamento de água pluvial, o uso de materiais ecologicamente corretos, com selos verdes e também o conforto térmico, para se evitar gastos energéticos. Esses gastos podem ser atenuados utilizando-se de tecnologias que fazem um uso mais inteligente dos recursos naturais.

Para Costa (1982), a finalidade fundamental da ventilação é controlar a pureza e o deslocamento do ar em um recinto fechado, embora, dentro de certos limites, a renovação do ar também possa controlar a temperatura e a umidade do mesmo.

Assim sendo, a problemática aqui pesquisada é a influência do dimensionamento e posicionamento das aberturas no conforto térmico das edificações unifamiliares. Foi considerado como projeto das aberturas, apenas as dimensões do vão e sua orientação solar.

Conforme Frota e Schiffer (1988), para avaliar o que seria um desempenho térmico aceitável da arquitetura e do urbanismo, é necessário um entendimento do

comportamento do organismo humano frente aos fenômenos térmicos e a partir daí estabelecer os parâmetros relativos às condições de conforto.

Portanto, como fundamentação teórica, foram abordados e estão discorridos os seguintes temas, conforto térmico e seus arrolados: comportamento do corpo humano em relação ao meio, temperatura ambiental, umidade relativa do ar, velocidade relativa do ar, radiação e principalmente a ventilação natural. Além disso, o bioclima, o comportamento de residências em relação ao clima, definições e recomendações sobre construções sustentáveis e ainda as diretrizes estabelecidas pelo código de obras de Pato Branco, município da realização do estudo de caso, em relação às aberturas são importantes e necessárias.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 OBJETIVO GERAL

Determinar a influência do projeto das aberturas no conforto térmico de residências unifamiliares em Pato Branco – PR.

1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Monitorar a variação da temperatura interna nas residências avaliadas;
- Monitorar a umidade relativa do ar nas residências em estudo;
- Verificar a conformidade do projeto de aberturas das residências estudadas com a NBR 15220;
- Propor melhorias para o projeto de aberturas visando o conforto térmico das habitações.

1.2 JUSTIFICATIVA

Com as novas diretrizes estabelecidas pela vigência da NBR 15575 – Edificações habitacionais – Desempenho fica cada vez mais importante o estudo do comportamento das edificações em seus mais variados parâmetros de desempenho. Nesse contexto o conforto térmico está adjunto às exigências estabelecidas por essa norma vigente desde 19 de julho de 2013.

Segundo Lamberts et al. (1997), é importante que um projeto arquitetônico tenha um mínimo de eficiência energética e conforto térmico, já que os equipamentos que são utilizados para obter esses benefícios são os que mais consomem energia elétrica.

Quando se fala de conforto térmico, algumas variáveis estão envolvidas, como materiais de fechamento, tratamentos térmicos, revestimentos de pisos e paredes, dentre outros. No entanto, este trabalho busca avaliar isoladamente uma determinada variável, que é a influência das aberturas no conforto térmico da edificação. Para que se tenha uma viabilidade de aplicação desse estudo, o mesmo abrangerá essa influência em residências unifamiliares e apartamentos, que são obras de fácil acesso.

Serão utilizados equipamentos, como termômetros tipo *data logger* (registrador de dados), disponíveis na instituição de ensino, facilitando assim a obtenção de dados numéricos, permitindo uma análise quantitativa de desempenho térmico das residências avaliadas.

De acordo com o IPCC (2007), foi observado um aumento linear na temperatura média global de aproximadamente 0,13°C por década nos últimos 50 anos de 1957 a 2006. Em 2001, uma combinação de aumento de consumo com falta de investimentos, de chuva e de providências para racionalizar o consumo fez eclodir uma crise de energia elétrica no Brasil que já se previa há muitos anos (INMETRO/IDEC, 2002).

Por saber-se desse aumento contínuo na temperatura global e por contribuir para que não ocorra uma nova crise energética, os estudos sobre conforto térmico e comportamento das edificações em relação à climatologia ficam cada vez mais significativos e necessários.

Sabendo-se do pouco período de vigência da NBR 15575 - Norma de desempenho, fica subentendido também que poucos são os estudos do desempenho e conseqüentemente comportamento térmico das edificações unifamiliares. Justificada assim a originalidade do mesmo.

Santos e Andrade (2008), afirmam que o conforto térmico é expresso pela satisfação do indivíduo com o ambiente térmico. Para Costa (1982), existem absurdos na arquitetura moderna, frutos de uma era de exploração imobiliária e desperdícios, ainda classifica como o principal problema das habitações o conforto térmico.

A ventilação proporciona a renovação do ar do ambiente, sendo de grande importância para a higiene em geral e para o conforto térmico de verão em regiões de clima temperado e de clima quente e úmido (FROTA e SCHIFFER, 2001).

Assim sendo, podemos conceber os projetos de residências de modo a propiciarem uma melhor qualidade de vida aos usuários, melhorando a sociedade como um todo, já que residências com maior eficiência energética e conseqüentemente com as aberturas corretamente dimensionadas, orientadas e que, por conseguinte, tenham um bom aproveitamento da ventilação natural, geram menos impactos ambientais.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CONFORTO TÉRMICO

A NBR 15220 - Desempenho Térmico de Edificações define que conforto térmico é a satisfação psicofisiológica de um indivíduo com as condições térmicas do ambiente. Enquanto a norma ASHRAE (apud FRANSOZO, 2003) considera que para um ambiente estar confortável termicamente 80% dos ocupantes devem expressar satisfação com as condições ambientais internas.

Segundo Montenegro (1984), a temperatura também favorece o bem estar, mas, em temperaturas em torno dos 30°C, a sensação de conforto térmico é bem maior em ambiente que possua boa circulação de ar do que em um local confinado. Aliás, para Ching (2010), a vegetação perene pode formar para-ventos e reduzir as perdas térmicas de uma edificação durante o inverno. Portanto a vegetação também contribui para o conforto térmico e influência na ventilação natural dos ambientes.

Deste modo, LOPES (2008) delibera alguns fatores que influenciam na sensação térmica, sendo esses as variáveis individuais, como tipo de atividade, vestuário e aclimatação, e as variáveis ambientais, como temperatura do ar, umidade relativa do ar ou pressão parcial de vapor, temperatura média radiante das superfícies vizinhas e velocidade do ar.

2.1.1 CORPO HUMANO E O MEIO

Para Frota e Schiffer (1988), ao efetuar trabalho mecânico, os músculos se contraem e tal contração produz calor; esse calor é dissipado através dos mecanismos de trocas térmicas entre o corpo e o ambiente, envolvendo aí as trocas secas e úmidas; onde as trocas secas são por condução, convecção e radiação e as trocas úmidas por evaporação.

Neste contexto, Lamberts et al, (1997) dizem que as trocas térmicas podem ocorrer por condução, convecção, radiação e evaporação. Conforme Figura 1.



Figura 1 – Troca térmica do corpo com o meio.
Fonte: LAMBERTS et al, 1997.

Frota e Schiffer (1988) definem as trocas secas e as trocas úmidas:

“Trocas térmicas secas:

- Convecção: troca de calor entre dois corpos, sendo um deles um sólido e o outro um fluido (líquido ou gás).
- Radiação: mecanismo de troca entre dois corpos – que guardam entre si uma distancia qualquer – através de suas capacidades de emitir e absorver energia térmica.
- Condução: troca de calor entre dois corpos que se tocam ou mesmo partes do corpo que estejam a temperaturas diferentes.

Trocas térmicas úmidas:

- Evaporação: troca térmica úmida proveniente da mudança do estado líquido para o estado gasoso.
- Condensação: troca térmica úmida através da mudança do estado gasoso do vapor d’água contido no ar para o estado líquido.”

Por conseguinte, o organismo perde calor para o ambiente sob duas formas: calor sensível e calor latente (FROTA e SCHIFFER, 2001). Silva e Silva (2007) publicaram que: “[...] quando o calor é absorvido e provoca a mudança de temperatura, dizemos que trata-se de CALOR SENSÍVEL[...]” e “[...]quando o calor é absorvido e provoca a mudança de fase (ou de estado físico da matéria) dizemos que trata-se de CALOR LATENTE[...]”.

A temperatura elevada provoca a transpiração e a movimentação do ar facilita a evaporação, baixando, conseqüentemente, a temperatura do corpo; daí a relação de relativo conforto térmico (MONTENEGRO, 1984).

2.1.2 TEMPERATURA AMBIENTAL

A temperatura é o elemento que define o clima e, com exceção da luz e da gravidade, é o mais importante dos fatores ecológicos (CARVALHO, 1984).

Um estudo do IPCC (2007) mostra que os últimos onze anos de 1850 a 2006, data que abrange o período de medição, estão entre os doze anos mais quentes dentre os estudados. Conforme este estudo, também foi constatado um aumento linear de 0,13 °C por década.

Contudo, Segundo North & Bell (1990) a temperatura ambiental e a umidade relativa do ar influenciam na perda de calor sensível e latente do corpo.

2.1.3 UMIDADE RELATIVA DO AR

Rodrigues [s. d.], classifica a umidade relativa como sendo: a relação entre a pressão de vapor do ar úmido, a uma determinada temperatura, e a pressão de vapor de saturação à mesma temperatura. Ainda segundo o mesmo autor, a umidade relativa varia de zero, para o ar seco, a 100% para o ar saturado. A temperatura na qual o ar se torna saturado, ocorrendo a condensação da água, é chamada de temperatura de ponto de orvalho.

Algumas alterações no clima podem ocorrer por corpos d'água (rios, lagos, etc.). Nesse sentido, Ching (2010), diz que grandes corpos d'água:

- Atuam como reservatórios de calor e amenizam as variações de temperatura.
- São geralmente mais frios do que a terra durante o dia e mais quentes durante a noite, gerando brisas.
- São geralmente mais quentes que a terra no inverno e mais frios no verão.
- Em climas quentes e secos até mesmos os pequenos corpos d'água são desejáveis, psicológica e fisicamente, por seu efeito de resfriamento por evaporação.

Um estudo desenvolvido por BARBOSA et al (1995) mostra mapas com isolinhas de conforto térmico e de umidade relativa do ar, desenvolvidos no Instituto de Pesquisas Meteorológicas (IPEMET) de Bauru - SP, pelo analisador gráfico NCAR (National Center for Atmospheric Research), no estado do Paraná, nos meses de janeiro, maio, julho e outubro. Conforme mostram as Figuras 2, 3, 4 e 5.

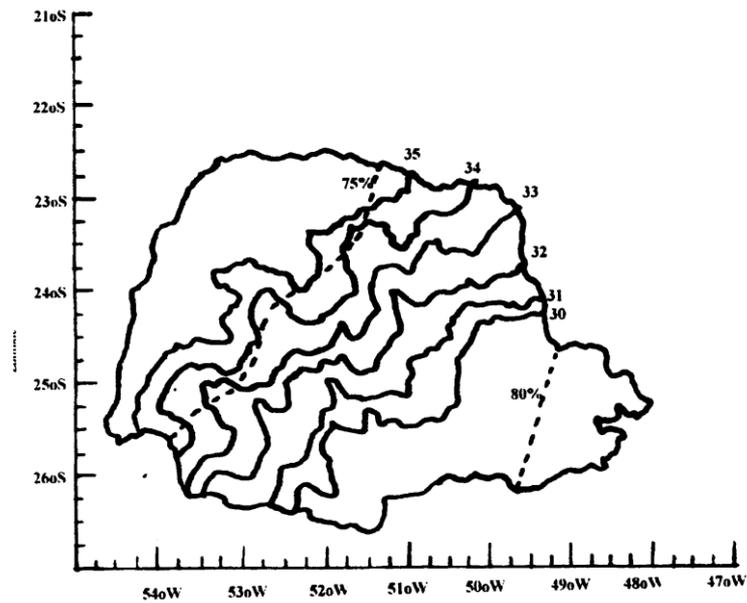


Figura 2 – Isolinhas de conforto térmico e umidade relativa do ar para mês de janeiro no Paraná.
Fonte: BARBOSA et al, 1995.

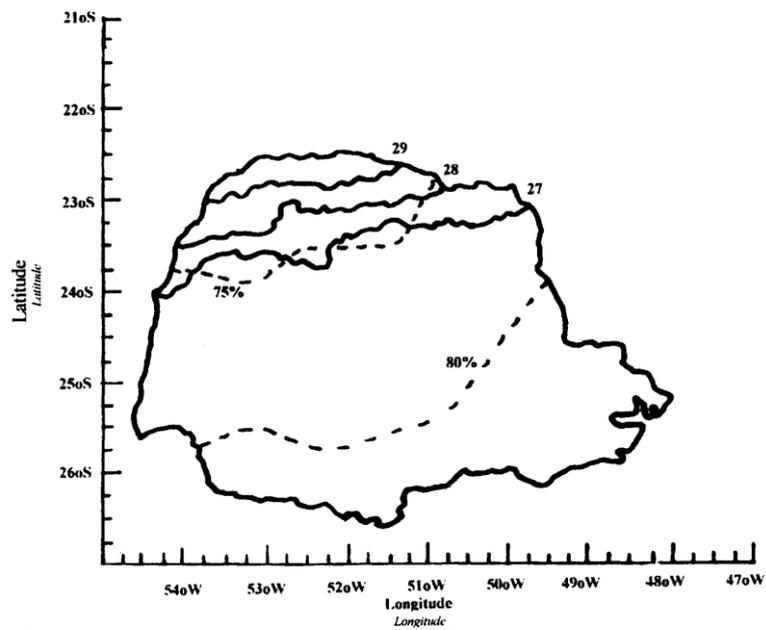


Figura 3 – Isolinhas de conforto térmico e umidade relativa do ar para mês de maio no Paraná.
Fonte: BARBOSA et al, 1995.

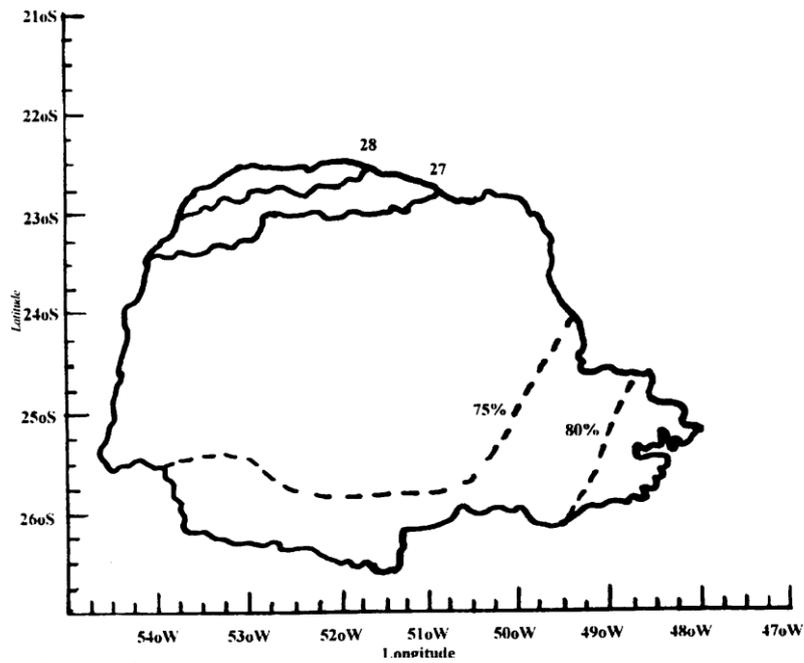


Figura 4 – Isolinhas de conforto térmico e umidade relativa do ar para mês de julho no Paraná.

Fonte: BARBOSA et al, 1995.

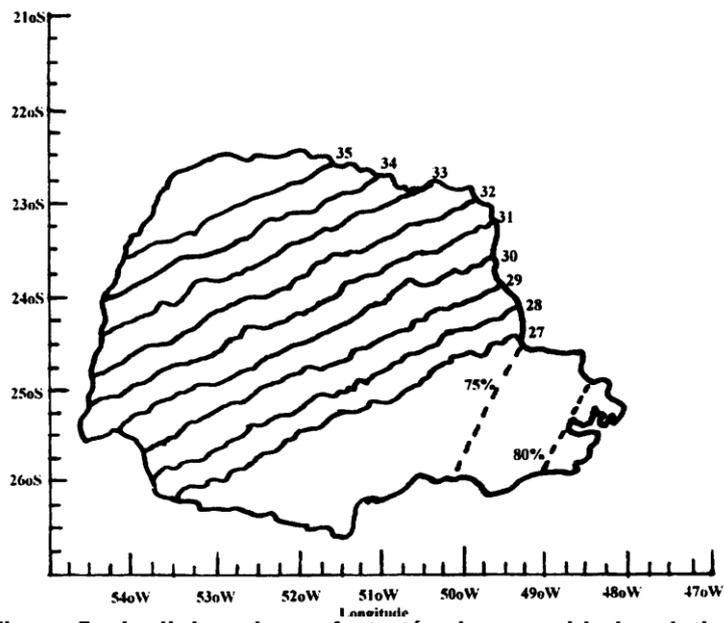


Figura 5 – Isolinhas de conforto térmico e umidade relativa do ar para mês de outubro no Paraná.

Fonte: BARBOSA et al, 1995.

2.1.4 VELOCIDADE DO AR

Ventilação como diz o nome é ação do vento: movimento do ar (MONTENEGRO, 1984).

Para (MACINTYRE,1990), é sabido que o movimento do ar alivia a sensação de calor, uma vez em que o mesmo abaixa a temperatura da pele.

Portanto, a velocidade do ar é uma variável ambiental de grande influência na obtenção do conforto térmico por favorecer as trocas de calor entre a pele e o meio, através da convecção e evaporação (DE VECCHI, 2011).

2.1.5 VENTILAÇÃO NATURAL

De acordo com Frota e Schiffer (1988), a ventilação natural é o deslocamento do ar através do edifício, através de aberturas, umas funcionando como entrada e outras como saída. Deste modo, a existência de uma corrente de ar é responsável por boa parte da sensação de bem-estar (MONTENEGRO, 1984).

Para Ching (2010), o ar quente sobe já o ar frio, mais pesado, se acumula nas áreas mais baixas. Montenegro (1984) confirma isso fazendo a seguinte analogia; “[...] a circulação do ar num ambiente tem muita semelhança com o fenômeno da água a ferver: o ar aquecido SOBE, por ser mais leve que o ar frio”.

Segundo Costa (1982), a ventilação natural provocada pela ação dos ventos pode ser intensificada por meio de aberturas dispostas convenientemente. Sendo assim, para Bittencourt e Candido (2010), a ventilação natural pode ser usada com três finalidades complementares:

- Manter a qualidade do ar nos ambientes internos;
- Remover a carga térmica adquirida pela edificação, em decorrência dos ganhos de calor externos e internos;
- Promover o resfriamento fisiológico dos usuários.

Montenegro (1984), diz que “como a função das aberturas é permitir a saída do ar quente, elas devem ser feitas na parte mais alta do ambiente”. Também mostra uma solução que não é boa, apesar de muito usada. Conforme Figuras 6 e 7.

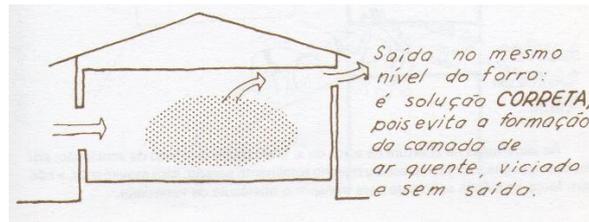


Figura 6 – Saída de ar: Solução correta.
Fonte: MONTENEGRO, 1984.

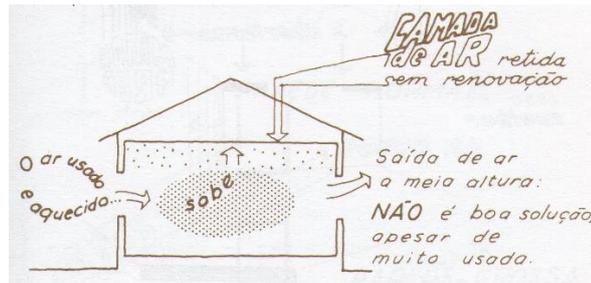


Figura 7 – Saída de ar: Solução errônea.
Fonte: MONTENEGRO, 1984.

Quanto à entrada de ar Montenegro (1984), descreve que para ter uma ventilação natural ideal, deve entrar ar frio (ou menos quente), pela parte inferior. Observe a Figura 8.

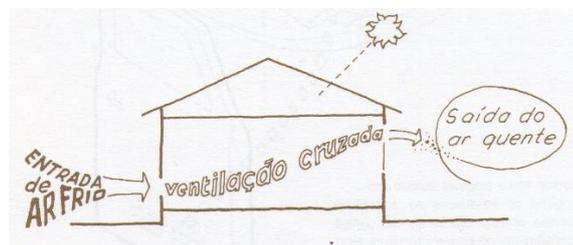


Figura 8 – Ventilação cruzada.
Fonte: MONTENEGRO, 1984.

Surge então o conceito de ventilação cruzada.

A NBR 15575 (ABNT, 2007), orienta que quando não houver exigências de ordem legal, para o local de implantação da obra, devem ser adotados os valores indicados na Tabela 01.

Tabela 01 - Área mínima de ventilação em dormitórios e salas de estar.

Nível de desempenho	Aberturas para Ventilação (A)	Zona 8
	Zonas 1 a 7	Aberturas grandes
Mínimo	$A \geq 7\%$ da área do piso	$A \geq 12\%$ da área de piso REGIÃO NORTE DO BRASIL $A \geq 8\%$ da área de piso REGIÃO NORDESTE E SUDESTE DO BRASIL
Nota: nas zonas de 1 a 6 as áreas de ventilação devem ser passíveis de serem vedadas durante o período de frio		

Fonte: NBR 15220, 2003.

Observando a dinâmica dos ventos em uma escala menor, as edificações da cidade também desviam, distribuem ou canalizam os ventos urbanos (LAMBERTS, 2005).

Já Montenegro (1984) afirma que, a ventilação das construções é baseada na entrada e saída de ar imediata, assim as velocidades de entrada e saída são proporcionais, mas os obstáculos à circulação do ar reduzem tais velocidades, para se ter uma noção em grandes cidades a velocidade dos ventos é, em geral, 1/3 daquela que existe em campos abertos.

2.1.6 QUALIDADE DO AR

Para Montenegro (1984), aeração é a renovação do ar por efeito natural do vento ou de outras causas. Ainda para Montenegro (1984), os biólogos verificaram que o homem precisa de aproximadamente 30m³ de ar por hora, entretanto são comuns os ambientes com insuficiente renovação do ar, nota-se isso pela atitude das pessoas: abrindo a camisa, abanando o rosto com as mãos, ligando o ventilador, ou nos gestos de irritação e impaciência.

De acordo com Frota e Schiffer (1988), a renovação do ar dos ambientes proporciona a dissipação de calor e a desconcentração de vapores, fumaça, poeiras, de poluentes, enfim.

Além disso, Segundo Ching (2010), as árvores melhoram a qualidade do ar, pois:

- As árvores retêm particulados em suas folhas;
- As folhas também podem assimilar gases e outros poluentes.
- O processo fotossintético pode metabolizar gases e outros odores.

2.1.7 RADIAÇÃO

De acordo com Mascaró (1983), o sol é uma fonte de luz primária, de grande intensidade, pontual e dinâmica. Ainda segundo Mascaró (1983) o espectro da energia solar varia de ondas curtas (ultravioleta) a ondas longas (infravermelho) e toda essa energia radiante produz calor quando absorvida, o que causa evaporação, convecção, condução de calor, radiação, reflexão...

O sol, importante fonte de calor, incide sobre o edifício representando sempre um ganho de calor, que será função da intensidade da radiação incidente e das características térmicas dos parâmetros do edifício (FROTA E SCHIFFER, 1988). Segundo Ching (2010), a radiação solar pode nem sempre ser benéfica, dependendo da latitude e do clima do sítio. Ching (2010) ainda afirma que no planejamento do projeto de uma edificação, o objetivo deve ser manter um equilíbrio entre os períodos subaquecidos, quando a radiação é benéfica, e os períodos superaquecidos, quando a radiação deve ser evitada.

Conforme Sellers (1965) há uma distribuição não igualitária da energia solar no planeta; essa desigualdade acontece principalmente pelos movimentos da Terra em relação ao Sol.

A localização, a forma e a orientação de uma edificação e seus espaços devem aproveitar os benefícios térmicos, higiênicos e psicológicos da luz solar (CHING, 2010).

As Figuras 9 e 10, demonstram como funciona a radiação solar, durante o dia, nas residências no inverno e no verão, respectivamente, sob a orientação dos pontos cardeais.

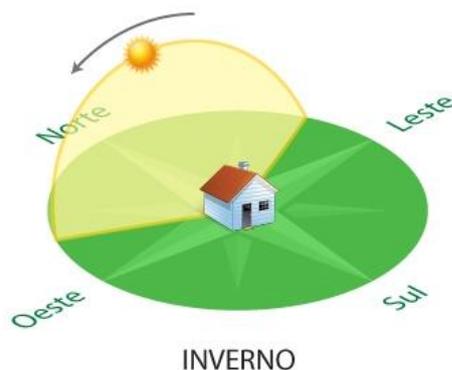


Figura 9 – Insolação no inverno.
Fonte: Pense imóveis, 2013.

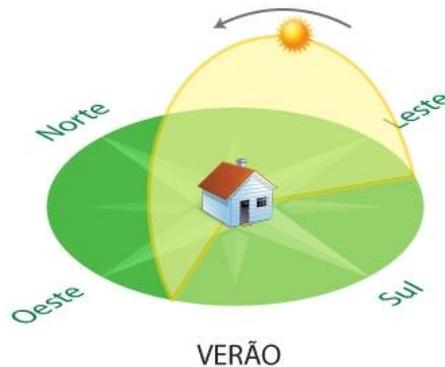


Figura 10 – Insolação no verão.
Fonte: Pense imóveis, 2013.

Ching (2010) indica situações para aproveitamento da insolação e ventilação em diferentes climas, de regiões frias, temperadas, quentes e áridas e quentes e úmidas, sendo essas respectivamente:

Regiões frias:

A redução da área da superfície de uma edificação diminui a exposição a baixas temperaturas.

- Maximize a absorção da radiação solar.
- Reduza as perdas térmicas por radiação, condução e evaporação.
- Forneça proteção contra os ventos.

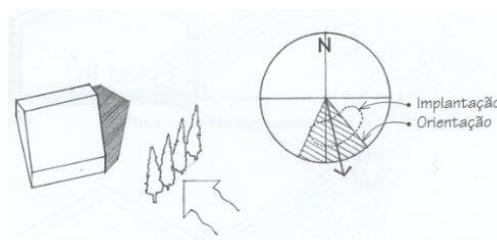


Figura 11 – Insolação regiões frias.
Fonte: Ching, 2010.

Regiões temperadas:

O alongamento da forma de uma edificação ao longo do eixo leste-oeste maximiza as paredes com orientação norte.

- Minimize as laterais expostas para o leste e oeste, que normalmente são mais quentes no verão e mais frias no inverno que as expostas para o norte.

- Equilibre os ganhos térmicos solares com proteções adequadas a cada estação.
- Favoreça o movimento do ar em climas quentes; proteja contra o vento em climas frios.

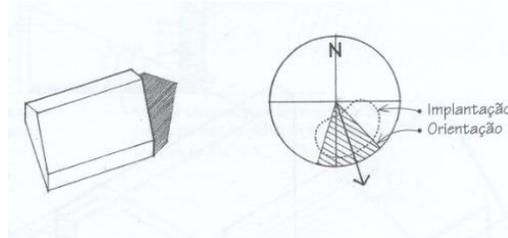


Figura 12 – Insolação regiões temperadas.
Fonte: Ching, 2010.

Regiões quentes a áridas:

As formas das edificações devem incluir pátios internos.

- Reduza a radiação solar e os ganhos térmicos por condução.
- Favoreça o resfriamento por evaporação usando água e vegetação.
- Forneça proteção solar para janelas e espaços externos.

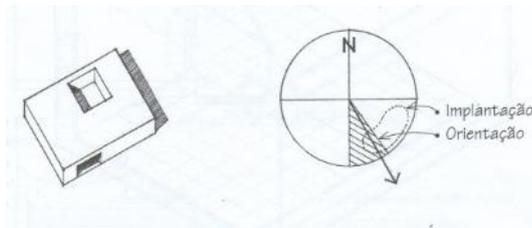


Figura 13 – Insolação regiões quentes e áridas.
Fonte: Ching, 2010.

Regiões quentes e úmidas:

As formas alongadas das edificações ao longo do eixo leste-oeste minimiza as exposições a leste e ao oeste.

- Reduza ganhos de calor.
- Utilize o vento para promover o resfriamento por evaporação.
- Forneça proteção solar para janelas e espaços externos.

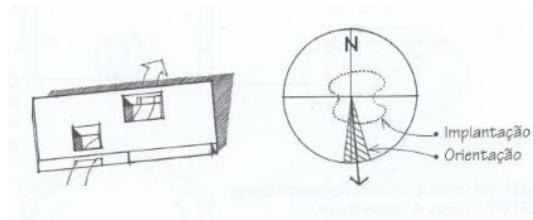


Figura 14 – Insolação regiões úmidas.
Fonte: Ching, 2010.

Segundo Frota e Schiffer (1988), os elementos de uma edificação, quando expostos aos raios solares, diretos ou difusos, ambos radiação de alta temperatura, podem ser classificados como: a) opacos; b) transparentes ou translúcidos.

As Figuras 15 e 16 esquematizam os mecanismos de trocas de calor, de elementos opacos e translúcidos.

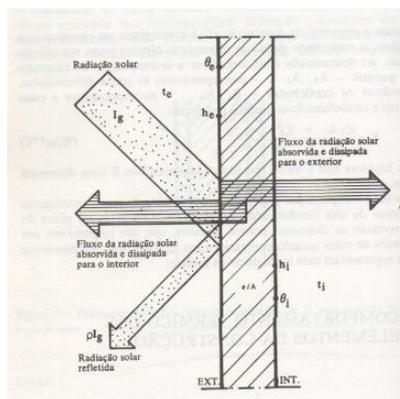


Figura 15 – Troca de calor de elementos opacos.
Fonte: FROTA e SCHFFER, 1988.

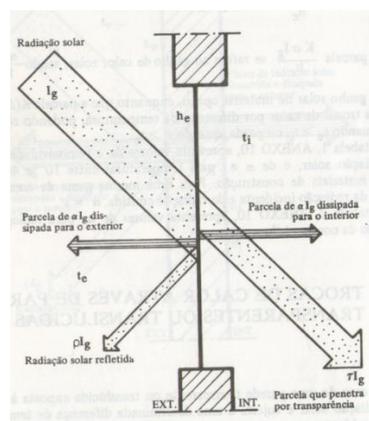


Figura 16 – Troca de calor de elementos translúcidos.
Fonte: FROTA e SCHFFER, 1988.

Mascaró (1983) estabelece que a radiação varie segundo:

- a) Posição do sol de acordo com a hora do dia;
- b) Posição do sol de acordo com a estação do ano;
- c) Nuvens, pó, outras partículas sólidas e outras obstruções;
- d) Características do entorno;
- e) Latitude e altitude da região;
- f) Clima
- g) Quantidade de atmosfera que a luz solar atravessa.

Por fim, através da radiação do sol que o ambiente obtém energia térmica. Pois a radiação, segundo Frota e Schiffer (2003), é o mecanismo de troca de calor entre dois corpos distantes entre si. Ele se deve à natureza eletromagnética da energia, que ao ser absorvida provoca efeitos térmicos, ocorrendo até mesmo no vácuo.

2.2 PATO BRANCO

Pato Branco é uma cidade brasileira localizada no sudoeste do Estado do Paraná. Visualizar Figura 17.

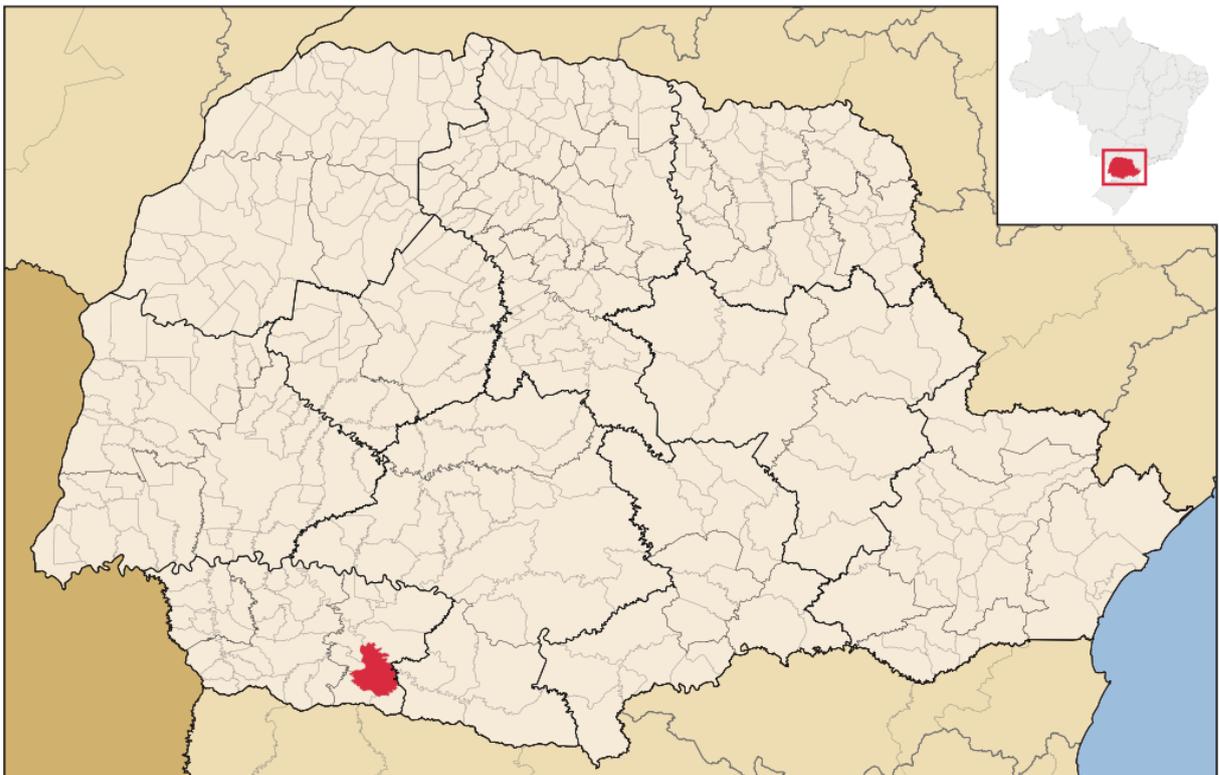


Figura 17 – Localização de Pato Branco.
Fonte: Localização de pato branco.

Segundo IBGE (2014), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, a população estimada de Pato Branco em 2014 é de setenta e oito mil cento e trinta e seis pessoas.

2.3 BIOCLIMA

Ching (2010) faz uma série de observações sobre o microclima de um sítio, sendo essas:

- A radiação solar aquece os desníveis a norte, criando uma zona temperada.
- As brisas diurnas, que substituem as correntes ascendentes de ar quente sobre a terra, pode ter um efeito de resfriamento de até 5,6 °C.
- A grama e outras coberturas do solo tendem a baixar as temperaturas ao absorver a insolação e favorecer o resfriamento por evaporação.
- As superfícies pavimentadas tendem a elevar as temperaturas do solo.
- As superfícies claras refletem a radiação solar, enquanto as escuras absorvem e retêm a insolação.
- A temperatura na atmosfera diminui com a altitude – aproximadamente 0,56°C para cada 122,0 m de elevação.
- Ar quente sobe.
- Ar frio, mais pesado se acumula nas áreas mais baixas.

Segundo A 15575 (ABNT, 2007), uma edificação habitacional deve reunir características que atendam às exigências de desempenho térmico, considerando-se a zona bioclimática definida na ABNT NBR 15220-3. Deste modo a NBR 15220 (ABNT, 2003), apresenta um Zoneamento Bioclimático Brasileiro e nela também são feitas recomendações de diretrizes construtivas e detalhamento de estratégias de condicionamento térmico passivo, com base em alguns parâmetros.

Ainda conforme NBR 15220 (ABNT, 2003). O zoneamento bioclimático brasileiro compreende oito diferentes zonas, conforme indica a Figura 18.

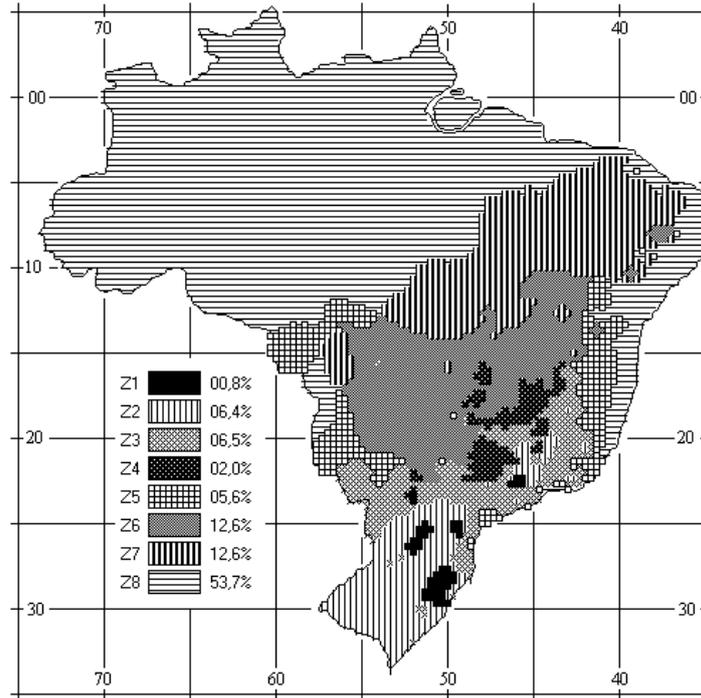


Figura 18 – Zoneamento bioclimático brasileiro.
Fonte: NBR 15220, 2003.

2.3.1 CLIMA EM PATO BRANCO

Conforme a Figura 19, Pato Branco, está localizado na zona bioclimática 2.

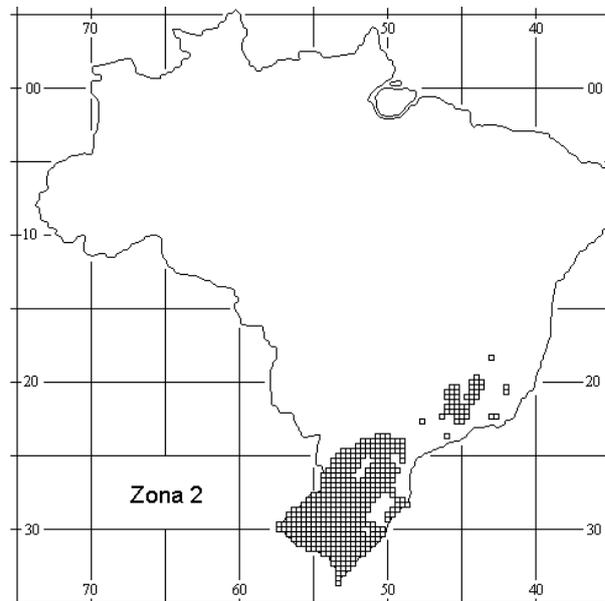


Figura 19 – Zoneamento bioclimático brasileiro, zona 2.
Fonte: NBR 15220, 2003.

Sendo assim, os parâmetros construtivos indicados pela NBR 15220 (ABNT, 2003), estão dispostos nas Tabelas 02, 03 e 04.

Tabela 02 - Aberturas para ventilação e sombreamento das aberturas para a Zona Bioclimática 2.

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

Fonte: NBR 15220, 2003.

Tabela 03- Tipos de vedações externas para a Zona Bioclimática 2.

Vedações externas
Parede: Leve
Cobertura: Leve isolada

Fonte: NBR 15220, 2003.

Tabela 04 - Estratégias de condicionamento térmico passivo para a Zona Bioclimática 2.

Estação	Estratégias de condicionamento térmico passivo
Verão	J) Ventilação cruzada
Inverno	B) Aquecimento solar da edificação C) Vedações internas pesadas (inércia térmica) Nota: O condicionamento passivo será insuficiente durante o período mais frio do ano. 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, 2013.

Na Tabela 04, J é referente à zona de ventilação, B refere-se à zona de aquecimento solar da edificação e C significa zona de inércia térmica para aquecimento.

Pato Branco está sob a influência, principalmente, dos ventos nas direções Sudeste (23,05% do total) e Sul (21,60% do total) e velocidade média de 10 km/h nas diversas direções (TABALIPA E FIORI, 2008).

Conforme a NBR 15220 (ABNT, 2003), as cidades localizadas na zona bioclimática 2, incluindo Pato Branco, adotam como carta bioclimática a mostrada na Figura 20 abaixo.

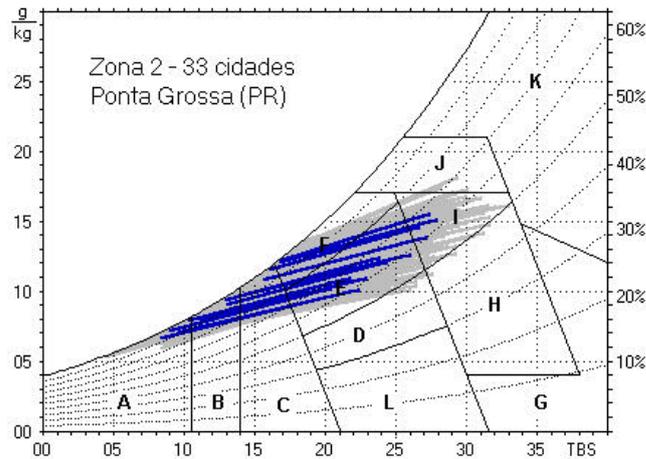


Figura 20 – Carta bioclimática, zona bioclimática 2.
Fonte: NBR 15220, 2003.

Através de dados coletados por estações meteorológicas da SIMEPAR – Sistema Meteorológico do Paraná entre os anos de 2000 e 2002. Lobo et al (2004) elaborou uma carta bioclimática da cidade de Pato Branco, como mostra a Figura 21. (MÜLHMANN e ROSSATTO, 2011).

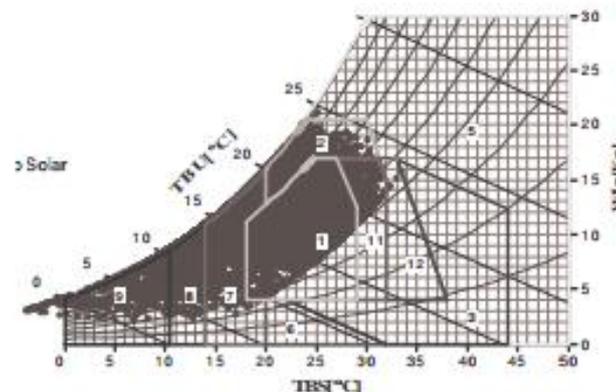


Figura 21 – Carta bioclimática de Pato Branco.
Fonte: Lobo et al (2004).

Por fim, o site da Prefeitura de Pato Branco classifica o clima de Pato Branco como sendo: Clima Subtropical Úmido Mesotérmico, verões quentes com tendência de concentração das chuvas (temperatura média superior a 22° C), invernos com geadas pouco frequentes (temperatura média inferior a 18° C), sem estação seca definida.

2.4 RESIDÊNCIAS E ELEMENTOS CONSTRUTIVOS

Frota e Schiffer (1988) listam o que deve ser adotado no projeto arquitetônico para um bom conforto térmico:

- Conhecimento do clima local, principalmente em termos de variáveis do clima de que é função do conforto térmico (temperatura do ar, umidade relativa do ar, radiação solar e ventos);

- Escolha de dados climáticos para o projeto dos ambientes térmicos;

- Adoção de partido arquitetônico cujas características sejam adequadas ao clima e às funções dos edifícios;

- Então, tomadas as decisões de projeto que digam respeito às suas especificações, é necessária que seja efetuada uma avaliação quantitativa do desempenho térmico que o edifício poderá ter.

Uma casa com amplos beirais e com árvores ao seu redor está em muito melhores condições de ventilação do que uma outra sem beirais e em terreno desprovido de vegetação (MONTENEGRO, 1984).

Ainda para Montenegro (1984), o planejamento da ventilação de uma construção deve considerar o aproveitamento máximo dos ventos dominantes no local.

2.4.1 JANELAS E ESQUADRIAS

É importante observar que o tamanho e a localização das janelas também afetam as características espaciais, a iluminação natural e o potencial de perdas ou de ganhos térmicos de um ambiente (CHING, 2010).

Para Frota e Schiffer (1988), “[...] as aberturas para ventilação deverão estar dimensionadas e posicionadas de modo a proporcionar um fluxo de ar adequado ao recinto”.

Segundo o manual técnico de caixilhos/janelas da Pini (1991), as janelas constituem-se importantes componentes de calor com o meio externo, seja por condução, convecção ou radiação térmica, ou, ainda, por radiação solar direta.

Ching (2010) faz algumas observações sobre as janelas:

- Janelas orientadas para o norte podem ser sombreadas de forma eficaz ao mesmo tempo em que admitem luz natural.

- Janelas orientadas para o sul estão expostas aos ventos do inverno em climas frios.

- Janelas orientadas para o leste e oeste são fontes de superaquecimento e são difíceis de sombrear com eficácia.

De acordo com Montenegro (1984), os vãos existentes em geral não possuem aberturas específicas para a boa aeração, ainda diz que janelas do tipo corrediças e basculantes retêm respectivamente, 50% e 70% do ar, embora não diga qual o tipo ideal de janelas para uma boa ventilação.

Portanto, ao se fazer o projeto das aberturas, define-se também o conforto térmico do ambiente projetado.

2.4.2 BEIRAIS

Segundo Ching (2010), os beirais aumentam o fluxo de entrada do ar. Já para Montenegro (1984), o beiral curto desvia a ventilação para o alto, enquanto o beiral comprido canaliza a ventilação para o interior. Como pode ser observados na Figura 22.

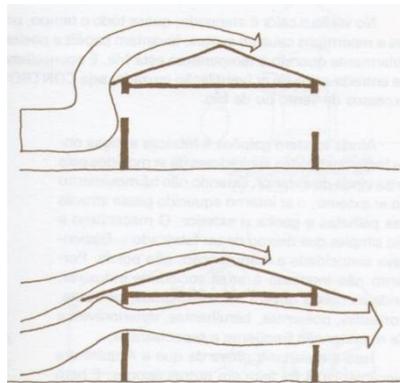


Figura 22 – Beirais e a ventilação.
Fonte: MONTENEGRO (1984).

2.5 CÓDIGO DE OBRAS DE PATO BRANCO

O Código de obras de Pato Branco disciplina regula e estabelece normas para execução de obras na circunscrição do Município e diz que se entende por habitação popular a economia residencial destinada exclusivamente a moradia e vinculada a programas oficiais, que não excedam a 70,00m² (setenta metros quadrados) de área construída. (Lei 1040/91)

As dimensões mínimas de iluminação e ventilação para residências populares estabelecidas pelo código de obras de Pato Branco podem ser observadas na Tabela 05, e na Tabela 06, observam-se os parâmetros do código de obras para residências e apartamentos.

Tabela 05 – Diretrizes e áreas mínimas de habitações populares.

	Círculo inscrito diâmetro Mínimo	Área mínima (m ²)	Iluminação mínima	Vent. mínima	Pé direito	Prof. Máxima	Revest. de Parede	Revest. de piso	Verga máxima	OBS.
Vestíbulo	0,80	1,00	-	-	2,20	-	-	-	1/8 pé direito	(a)
Sala de estar	2,00	6,00	1/8	1/16	2,20	3xpé direito	-	-	1/8 pé direito	-
Sala de refeições	2,00	6,00	1/8	1/16	2,20	3xpé direito	-	-	1/8 pé direito	-
Copa	1,50	5,00	1/8	1/16	2,20	3xpé direito	-	-	1/8 pé direito	-
Cozinha	1,50	4,00	1/8	1/16	2,20	3xpé direito	Imperm.até 1,50m	imper.	1/8 pé direito	(b)
Banheiro	1,00	2,00	1/8	1/16	2,20	3xpé direito	Imperm.até 1,50m	imper.	1/8 pé direito	(a) (d)
1º quarto	2,00	6,00	1/6	1/12	2,20	3xpé direito	-	-	1/8 pé direito	-
Demais quartos	1,80	4,00	1/6	1/12	2,20	3xpé direito	-	-	1/8 pé direito	-
Corredores	0,80	4,00	-	-	2,20	-	-	-	1/8 pé direito	(a)
Sótão	1,80	-	1/6	1/12	Min.1,80 Méd.2,20	-	-	-	-	(a) (c)
Porão	-	-	-	-	-	-	-	-	-	(c)
Abrigo	2,00	-	-	-	2,00	-	-	-	-	(e)
Escada	0,80	-	-	-	Altura mínima livre: 2,00	-	-	-	-	(f) (g)

Fonte: Código de obras de Pato Branco.

Tabela 06 – Diretrizes e áreas mínimas para residências e apartamentos.

	Círculo inscrito diâmetro Mínimo	Área mínima (m ²)	Iluminação mínima	Vent. mínima	Pé direito (mínimo) m	Prof. Máxima	Revest. de Parede	Revest. de piso	Verga máxima	OBS.
Vestíbulo	1,00	1,00	-	-	2,20	3x pé direito	-	-	1/8 pé direito	(a) (b)
Sala de estar	2,40	8,00	1/6	1/12	2,40	3xpé direito	-	-	1/8 pé direito	-
Sala de refeições	2,40	8,00	1/6	1/12	2,40	3xpé direito	-	-	1/8 pé direito	-
Copa	1,50	5,00	1/8	1/16	2,20	3xpé direito	-	-	1/8 pé direito	(a) (b)
Cozinha	1,50	4,00	1/8	1/16	2,20	3xpé direito	Imperm. até 1,50m	Imperm	1/8 pé direito	-
Banheiro	1,00	2,00	1/8	1/16	2,20	3xpé direito	Imperm. até 1,50m	imperperm	1/8 pé direito	(a) (b) (c)
Lavanderia	1,50	4,00	1/8	1/16	2,20	3xpé direito	Imperm. até 1,50m	Imperm	1/8 pé direito	(a) (b)
1º quarto	2,40	9,00	1/6	1/12	2,40	3xpé direito	-	-	1/8 pé direito	-
Demais quartos	2,00	6,00	1/6	1/12	2,40	3xpé direito	-	-	1/8 pé direito	-
Abrigo	2,20	-	-	-	2,20	-	-	Imperm	-	-
Garagem	2,40	12,00	-	1,20	2,20	3xpé direito	-	Imperm	-	(f) (g) (h)
Quarto empregada	1,80	6,00	1/6	1/12	2,40	3xpé direito	-	-	1/8 pé direito	-
Corredor	1,00	-	-	-	2,20	-	-	-	1/8 pé direito	(a) (b) (e)
Depósito	1,60	4,00	1/10	1/20	2,20	-	-	-	1/8 pé direito	(a) (b) (i)
Sótão	2,00	6,00	1/10	1/20	min.1,80 máx.2,20	-	-	-	1/8 pé direito	(d)
Porão	1,50	4,00	1/10	1/20	2,00	3xpé direito	-	-	1/8 pé direito	(d)
Escritório	2,40	6,00	1/6	1/12	2,40	3xpé direito	-	-	1/8 pé direito	-
Atelier	2,40	6,00	1/6	1/12	2,40	3xpé direito	-	-	1/8 pé direito	-
Estúdio	2,40	6,00	1/6	1/12	2,40	3xpé direito	-	-	1/8 pé direito	-
Adega	1,00	-	-	-	2,00	-	-	Imperm	-	-
Escadas	1,00	-	-	-	Altura livre mínima 2,00	-	-	-	-	(j) (l) (m)

Fonte: Código de obras de Pato Branco.

2.6 CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS

Para falar-se sobre sustentabilidade, é importante registrar uma das mais importantes definições sobre desenvolvimento sustentável. Para Bruntland (1987), “[...] desenvolvimento sustentável busca garantir o desenvolvimento econômico e

social das atuais gerações sem comprometer a capacidade das futuras gerações de atenderem suas próprias necessidades”.

Logo que para a AGENDA 21 (1994), o objetivo geral dos assentamentos humanos é melhor a qualidade social, econômica e ambiental dos assentamentos humanos e as condições de vida e de trabalho de todas as pessoas.

Segundo o MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (2014) no Brasil, a Agenda 21 é definida como um instrumento de planejamento para a construção de sociedades sustentáveis, em distintas bases geográficas e ainda conciliando métodos de proteção ambiental, justiça social e eficiência econômica.

Assim sendo, o Programa Construção Sustentável da CBIC, Câmara Brasileira da Indústria da Construção, o desafio da sustentabilidade assumiu, há alguns anos, um papel de destaque na agenda da Indústria da Construção no Brasil. Ainda conforme esse estudo:

“A eficiência energética das edificações é um dos indicadores de desempenho e um dos requisitos mais avaliados em construções sustentáveis. Sabe-se que, no Brasil, o consumo de energia elétrica nas edificações corresponde atualmente a cerca de 44% do consumo faturado no país, sendo que 22% são utilizados apenas em instalações residenciais, 14% em comerciais e 8% em edificações públicas. Como o Brasil é um país em desenvolvimento, a tendência é de aumento deste consumo. (Programa Construção Sustentável, CBIC) [s. d.]”

Conforme BRAGANÇA (2005), um dos princípios de desenho de edifícios sustentáveis é a utilização de Tecnologias Solares Passivas: pretendendo-se tornar os edifícios mais confortáveis e reduzir os consumos energéticos, tirando o máximo partido das técnicas de aquecimento e arrefecimento naturais.

Agora para Gonçalves e Duarte (2006), dentro do conceito de sustentabilidade, partindo da fase conceitual e da definição do partido arquitetônico, o projeto de um edifício deve incluir o estudo de alguns tópicos. Segue os tópicos abordados por elas:

- (a) orientação solar e aos ventos;
- (b) forma arquitetônica, arranjos espaciais, zoneamento dos usos internos do edifício e geometria dos espaços internos;
- (c) características, condicionantes ambientais (vegetação, corpos d'água, ruído, etc.) e tratamento do entorno imediato;

(d) materiais da estrutura, das vedações internas e externas, considerando desempenho térmico e cores;

(e) tratamento das fachadas e coberturas, de acordo com a necessidade de proteção solar;

(f) áreas envidraçadas e de abertura, considerando a proporção quanto à área de envoltória, o posicionamento na fachada e o tipo do fechamento, seja ele vazado, transparente ou translúcido;

(g) detalhamento das proteções solares considerando tipo e dimensionamento; e

(h) detalhamento das esquadrias.

Nesse contexto, inúmeros são os benefícios que o enfoque na sustentabilidade traz ao meio ambiente a partir do momento que os projetistas adotam a postura preventiva durante a decisão de projeto, essas decisões envolvem: as especificações dos materiais até a qualidade de ar interno na fase de utilização dos empreendimentos e a saúde dos ocupantes, envolvendo a influência da localização e a característica dos sistemas de iluminação, condicionamento de ar e aquecimento da água (DEGANI E CARDOSO, 2002).

3 MÉTODO DE TRABALHO

3.1 MÉTODO DE PESQUISA

Para Strauss e Corbin (1998), o método de pesquisa é um conjunto de procedimentos e técnicas utilizados para se coletar e analisar os dados.

Serão utilizados termômetros do tipo data logger (registrador de dados), ou seja, a pesquisa será quantitativa, já que esses termômetros são capazes de registrarem dados de temperatura.

Marconi e Lakatos (2003), dizem que “[...] a quantidade transforma-se em qualidade”. Portanto, o estudo em questão é uma análise tanto qualitativa quanto quantitativa.

Deste modo, serão obtidos resultados qualitativos pelos dados quantitativos dos termômetros (Datalogger) e do *software* HEED.

Para GIL (2002), o estudo de caso consiste no estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos, de maneira que permita seu amplo e detalhado conhecimento. Segundo SEVERINO (2007), “[...] o estudo de caso é uma pesquisa que se concentra em um caso particular, considerado representativo de um conjunto de análogos, por ele significativamente representativo”.

Nessa pesquisa, foram analisados residências e apartamentos no município de Pato Branco, caracterizando assim um estudo de caso.

Para Severino (2007) a pesquisa bibliográfica é realizada a partir do registro disponível de pesquisas anteriores em documentos impressos como livros artigos teses e outros. Para a pesquisa documental, tem-se como fonte documentos no sentido amplo, não só de documentos impressos, mas, sobretudo de outros tipos de documentos tais como jornais, fotos, filmes, gravações, documentos legais. E na pesquisa de campo, a coleta de dados é feita em condições naturais em que os fenômenos ocorrem, sem intervenção e manuseio por parte do pesquisador.

Assim, essa pesquisa é bibliográfica devido ao referencial teórico, documental alicerçada nos projetos arquitetônicos e se enquadra também numa pesquisa de campo já que foi feita uma coleta de dados (temperatura e velocidade do ar), nas casas e apartamentos em estudo.

As coletas de dados foram realizadas em dois momentos, sendo um desses momentos em dias quentes, preferencialmente durante o verão, e o outro em dias

frios, preferencialmente durante o inverno. Já que os momentos críticos de conforto térmico são em dias quentes e frios.

As etapas dessa pesquisa podem ser visualizadas no fluxograma conforme Figura 23.



Figura 23 – Fluxograma.
Fonte: Autor, 2014.

Sendo que o objetivo principal é confrontar dados de conforto térmico de residências com projetos arquitetônicos parecidos e de materiais semelhantes, onde ocorram pequenas mudanças, como orientação solar, troca de esquadrias, aumento das aberturas, aumento dos cômodos das residências, entre outros, torna-se possível definir qual a influência do projeto das aberturas no conforto térmico de residências unifamiliares.

3.2 LOCAIS DE ESTUDO

Foram escolhidos dois lugares para realizar as pesquisas. O primeiro local foi um conjunto habitacional localizado no Bairro Fraron (Figura 24, 25 e 26). Sendo analisadas três casas, duas na Rua Vinícius de Moraes e uma na Rua Amílho Dalla Valle. As residências, apresentadas na Figura 25, tem fachada leste, enquanto a Figura 26 ilustra a residência estudada com fachada oeste.



Figura 24 – Residências analisadas.
Fonte: Adaptado de Google Mapas, 2014.



Figura 25 – Residências analisadas Rua Vinícius de Moraes.
Fonte: Adaptado de Google Mapas, 2014.



Figura 26 – Residência analisada Rua Amílito Dalla Valle.
Fonte: Autor, 2014.

Já o segundo local foi um edifício residencial, cujo nome é Rio Tâmis, localizado na Rua Carlos Roberto Carraro, conhecida como Ladeira do Beto, na região central da cidade (Figura 27 e 28). O prédio conta com quatro pavimentos tipo, sendo que em cada andar, têm-se quatro apartamentos e suas fachadas estão

voltadas para: sul/oeste, sul/leste, norte/oeste e norte/leste, como podem ser notadas na Figura 30.



Figura 27 – Condomínio analisado na região central.
Fonte: Adaptado de Google Mapas, 2014.

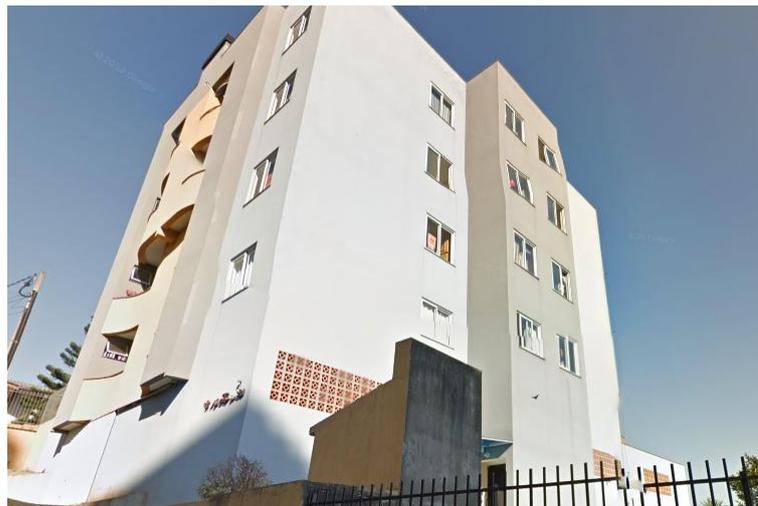


Figura 28 – Edifício Rio Tâmis.
Fonte: Adaptado de Google Mapas, 2014.

3.3 MATERIAIS UTILIZADOS

Para coletar dados referentes à temperatura e a umidade relativa do ar, foram utilizados registros eletrônicos do tipo Datalogger, ilustrado na Figura 29, que são capazes de coletar dados com o passar do tempo, conforme dado inserido pelo pesquisador, que no caso foi a cada 30 minutos. Esses dados são compilados e o aparelho gera um gráfico via USB, cujas coordenadas são referentes ao tempo, a temperatura e a umidade relativa do ar.



**Figura 29 – Datalogger utilizado na pesquisa.
Fonte: Autor, 2014.**

4 RESULTADOS

Na pesquisa, para a obtenção dos dados, foram utilizados 4 Dataloggers no Edifício Rio Tâmbisa e 3 três nas casas do Bairro Fraron, sendo um em cada apartamento ou residência. Colocados como se podem ver nas figuras subsequentes.



Figura 30– Localização dos Dataloggers nas residências do Fraron.
Fonte: Autor, 2014.

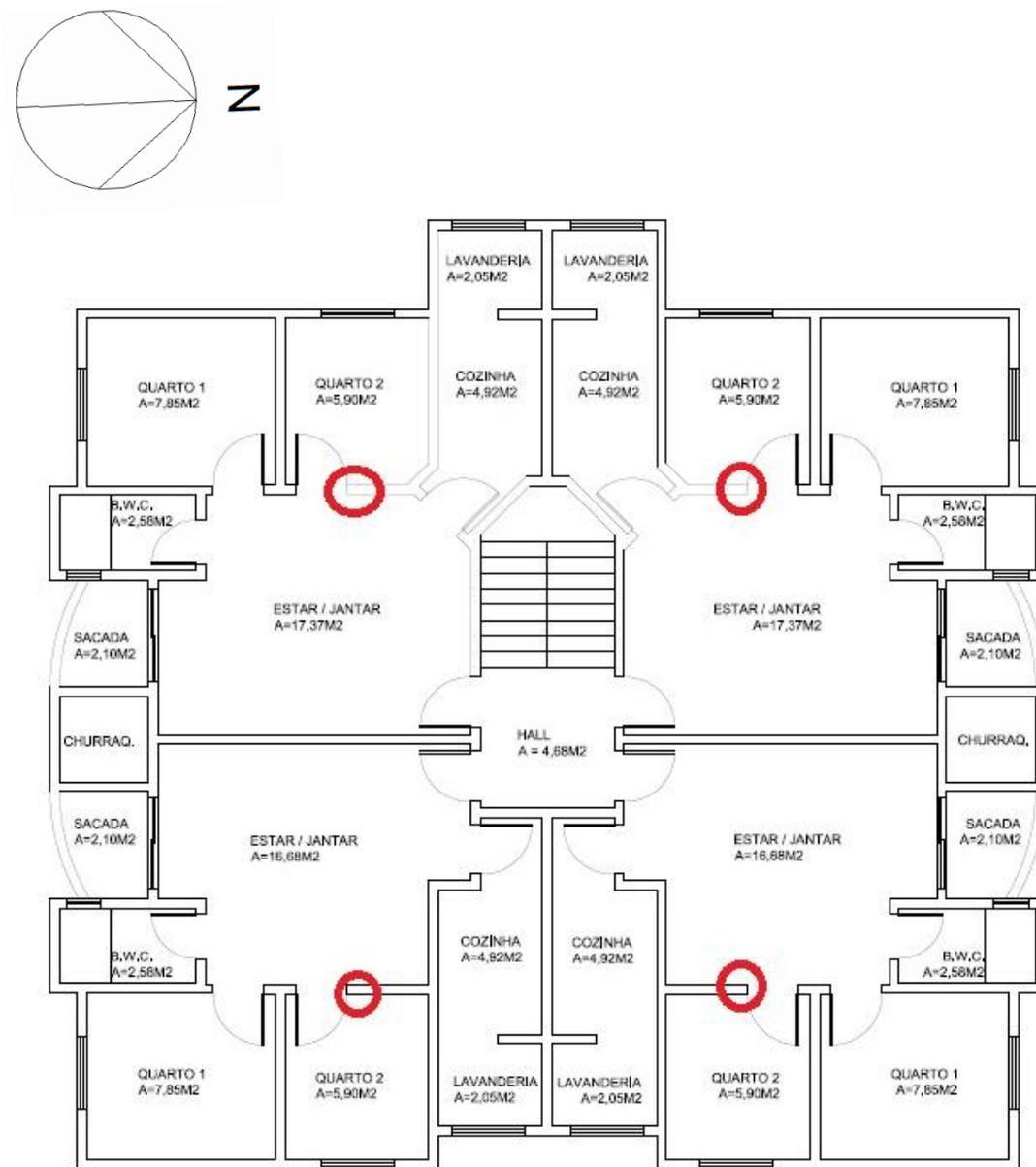


Figura 31 – Localização dos Dataloggers no Edifício Rio Tâmisia.
Fonte: Autor, 2014.

Os Dataloggers registraram dados de temperatura e de umidade relativa do ar, em períodos de verão e de inverno, em cada um dos bairros estudados, sendo que nos apartamentos todos os Dataloggers registraram os dados nos mesmos dias.

Os Dataloggers postos nas residências estudadas no Bairro Fraron também coletaram dados nos mesmos dias, porém não em conjunto com os postos no Edifício Rio Tâmisia. Assim foi possível confrontar os dados e saber a diferença do clima em cada residência.

A coleta dos dados das residências localizadas no Bairro Fraron, em dias quentes, ocorreu entre as datas de quatro a seis de novembro de 2014. Na Figura 32, encontra-se a previsão do tempo durante a coleta dos dados.



Figura 32 – Previsão do tempo período quente. Bairro Fraron. Fonte: Adaptado de Climatempo, 2014.

Nos Gráficos abaixo se apresentam os dados dos dias quentes no Bairro Fraron:

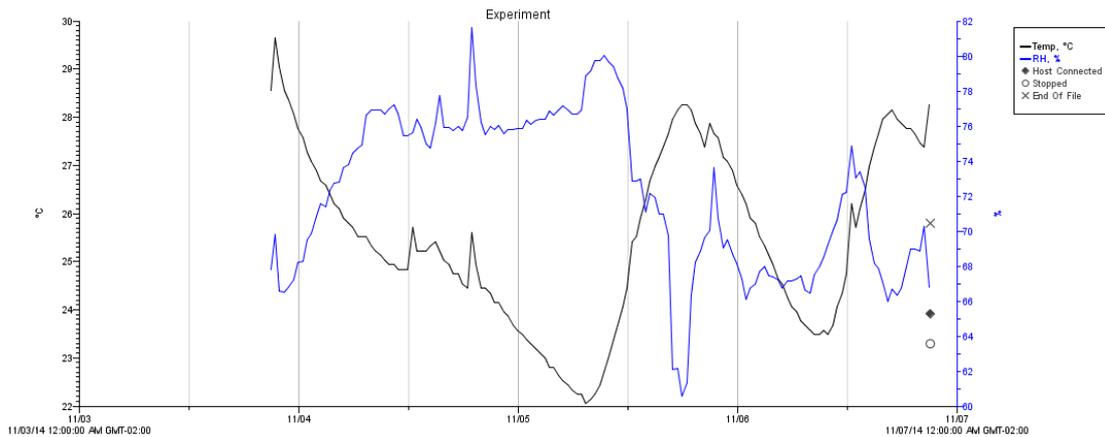


Gráfico 01 – Dias quentes residência do Bairro Fraron com fachada leste. Fonte: Autor, 2014.

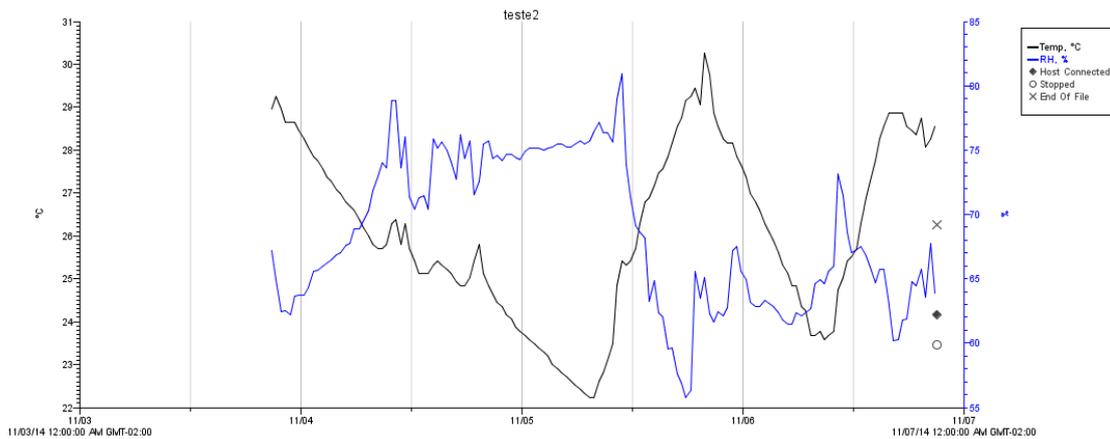


Gráfico 02 – Dias quentes residência do Bairro Fraron com fachada leste. Fonte: Autor, 2014.

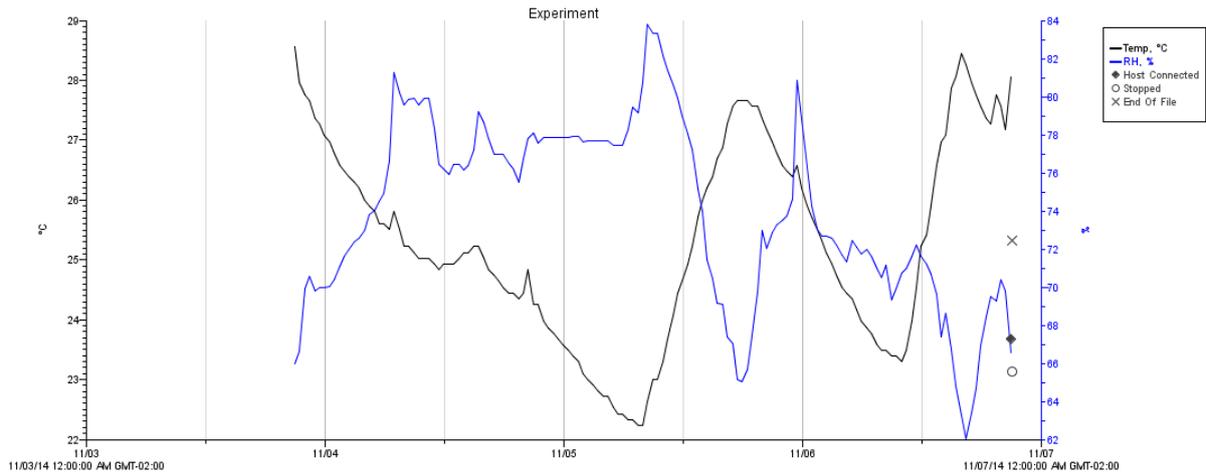


Gráfico 03 – Dias quentes residência do Bairro Fraron com fachada oeste.
Fonte: Autor, 2014.

Para uma análise mais enxuta dos Gráficos, foi elaborada a Tabela 07, onde estão as temperaturas registradas durante o dia 06 de novembro de 2014, que foi o dia mais quente dentre os estudados no verão no Bairro Fraron.

Tabela 07 – Comparativo casa do Fraron dias quentes.

Fachada leste 1			Fachada leste 2			Fachada oeste		
Tempo	Temperatura	Umidade	Tempo	Temperatura	Umidade	Tempo	Temperatura	Umidade
00:30	26,39	67,25	00:30	27,37	64,95	00:30	25,902	76,34
03:00	25,319	67,95	03:00	26,097	63,09	03:00	24,931	72,53
06:00	24,062	67,16	06:00	24,835	62,38	06:00	23,966	71,76
09:00	23,484	68	09:00	23,581	64,64	09:00	23,388	69,35
12:00	24,738	72,19	12:00	25,513	67,03	12:00	25,222	71,59
15:00	27,37	68,16	15:00	28,258	65,7	15:00	27,862	66,74
18:00	27,862	66,74	18:00	28,555	61,86	18:00	27,567	66,92
21:00	28,258	66,8	21:00	28,555	63,88	21:00	28,06	66,58

Fonte: Autor, 2014.

Durante a manhã a residência com fachada oeste apresentou uma temperatura mais amena, dado o fato de que a fachada oeste recebe o sol apenas no período da tarde, sendo o ápice da diferença registrado de 1,47°C. Surpreendentemente, no período da tarde essa assertiva se manteve devido ao caso da residência com fachada oeste ter uma arborização maior que as outras casas, e essas árvores acabam bloqueando a entrada de sol nas janelas. Por isso, a umidade foi a mais elevada, durante toda a medição, na residência com fachada

oeste, registrando uma diferença máxima de umidade relativa do ar de **11,39%**, no mesmo horário e entre as mesmas casas, com maior diferença de temperatura.

Quanto os dias frios, para a coleta de dados do Bairro Fraron, as datas escolhidas foram entre 28 e 31 de julho de 2014. A previsão do tempo destes dias encontra-se na Figura 33.



Figura 33 – Previsão do tempo período frio. Bairro Fraron.
Fonte: Adaptado de Climatempo, 2014.

Obtendo os Gráficos a seguir para a temporada de frio:

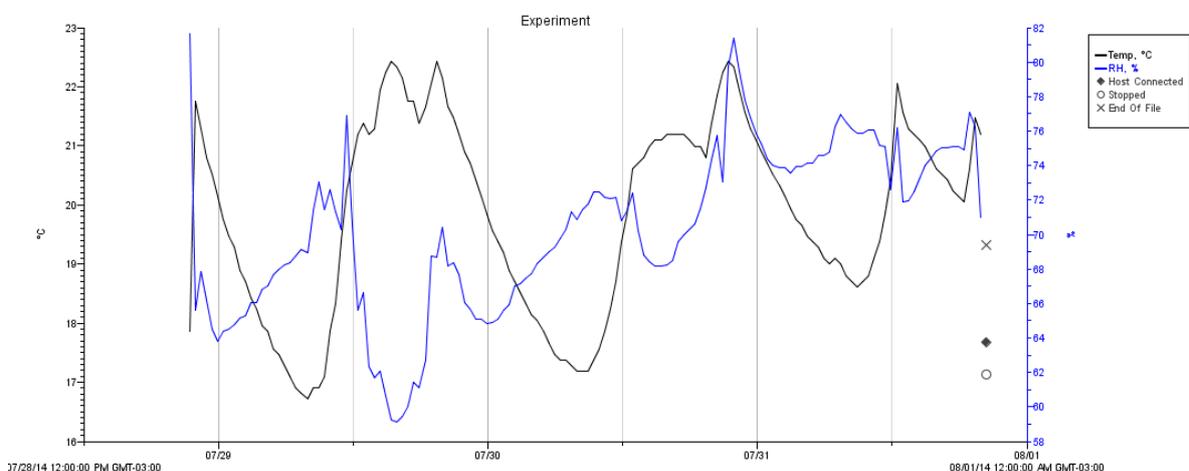


Gráfico 04 – Dias frios residência do Bairro Fraron com fachada leste.
Fonte: Autor, 2014.

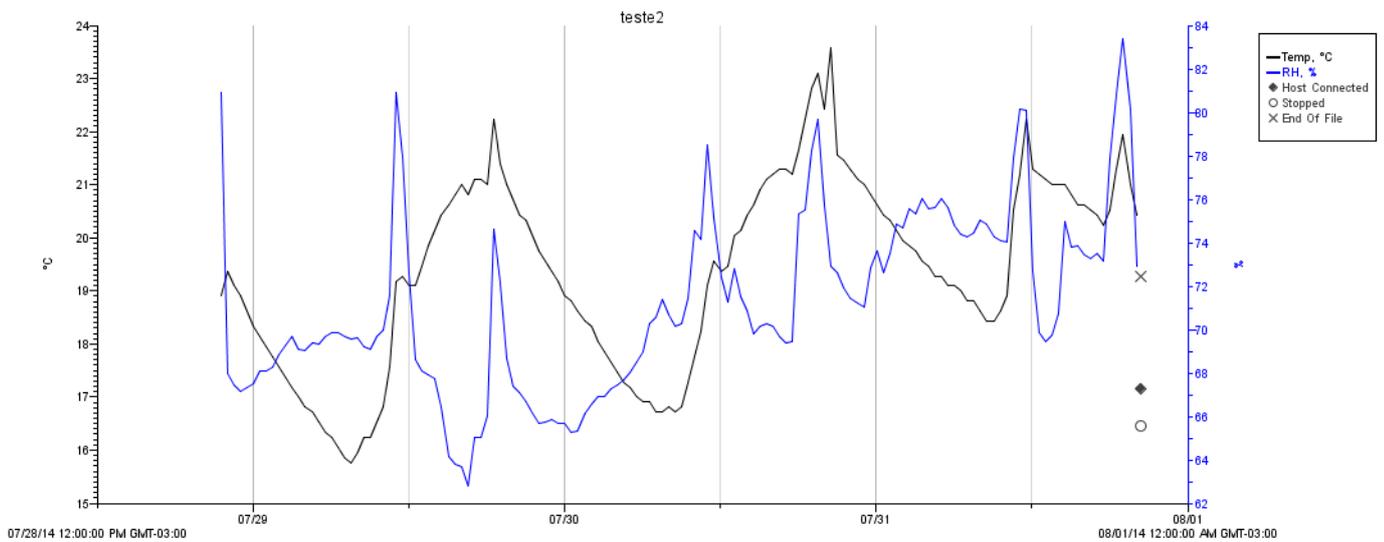


Gráfico 05 – Dias frios residência do Bairro Fraron com fachada leste.
Fonte: Autor, 2014.

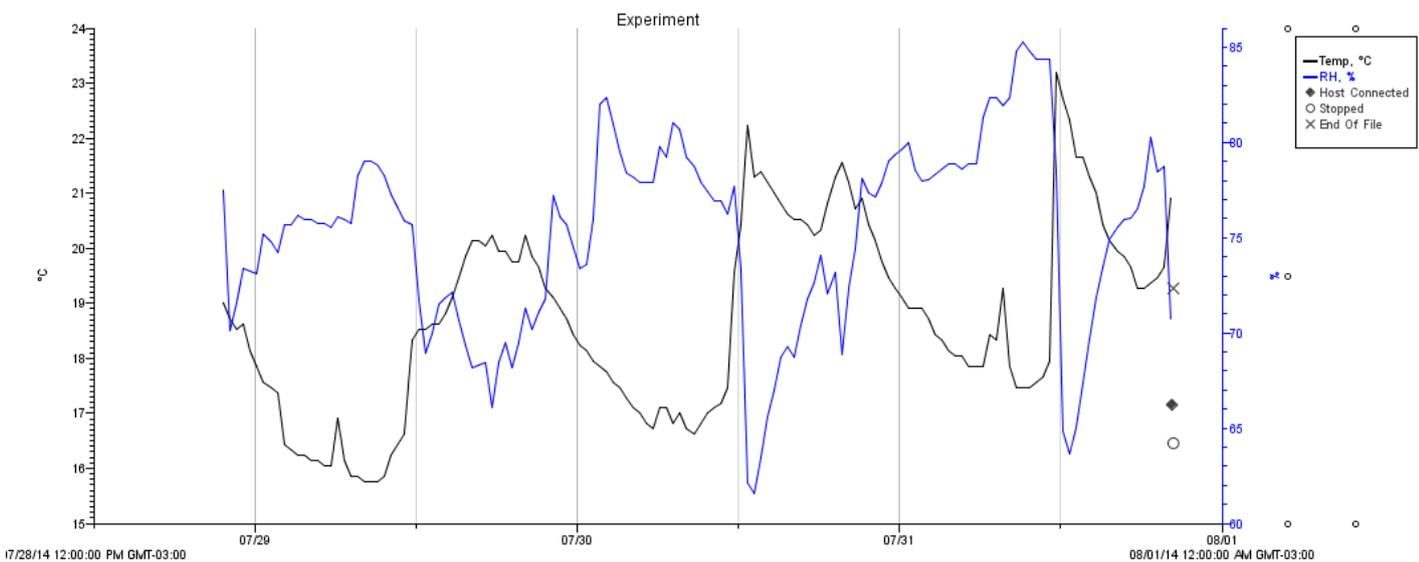


Gráfico 06 – Dias frios residência do Bairro Fraron com fachada oeste.
Fonte: Autor, 2014.

Escolheu-se o dia 29 de julho de 2014 para uma ponderação mais apurada dos resultados, por ser o dia mais frio juntamente com o dia 31, mas foram coletadas medidas durante o dia 29 inteiro, diferentemente do dia 31, justificando a escolha deste dia.

Tabela 08 – Comparativo casas do Fraron dias frios.

Fachada leste 1			Fachada leste 2			Fachada oeste		
Tempo	Temperatura	Umidade	Tempo	Temperatura	Umidade	Tempo	Temperatura	Umidade
00:00	20,138	63,78	00:00	18,331	67,49	00:00	17,855	73,1
03:00	18,426	66,03	03:00	17,189	69,68	03:00	16,237	76,14
06:00	17,284	68,23	06:00	16,237	69,84	06:00	16,903	76,07
09:00	16,903	73,06	09:00	16,237	69,11	09:00	15,76	78,78
12:00	20,71	70,63	12:00	19,092	72,6	12:00	18,521	71,71
15:00	22,238	60,69	15:00	20,615	64,12	15:00	19,472	70,68
18:00	21,378	61,1	18:00	20,996	66,04	18:00	19,948	68,47
21:00	21,473	68,34	21:00	20,329	66,69	21:00	19,662	71,09
24:00	19,853	64,81	24:00	18,901	65,65	24:00	18,236	73,39

Fonte: Autor, 2014.

A diferença máxima de temperatura encontrada foi de 2,77 °C entre a casa 1 com fachada leste e a casa com fachada oeste, registrada as 15 horas e 00 min. A residência com fachada oeste foi a mais fria dentre as avaliadas e com a maior umidade (78,78%), isso ocorre devido ao aquecimento natural da casa com fachada oeste começar apenas durante a tarde, onde o sol incide sobre sua fachada. Todavia, embora seja importante a arborização, a umidade torna-se ainda mais elevada na residência com fachada oeste, por existirem mais árvores na sua frente. Deste modo, a vegetação acaba bloqueando a entrada do sol impedindo sua irradiação, por conseguinte, ocorrem valores mais elevados da umidade relativa do ar. Sendo que a indicação da NBR 15220, durante o inverno é de permitir sol durante o inverno, conforme a Tabela 02.

Para o Residencial Rio Tâmis, a coleta dos dados nos apartamentos, em dias quentes, ocorreu nos dias 14, 15 e 16 de outubro de 2014. Na Figura 34, encontra-se a previsão do tempo durante a coleta dos dados.



Figura 34 – Previsão do tempo período calor. Centro.
Fonte: Adaptado de Climatempo, 2014.

Abaixo seguem os Gráficos do Residencial Rio Tâmis, durante o período de calor:

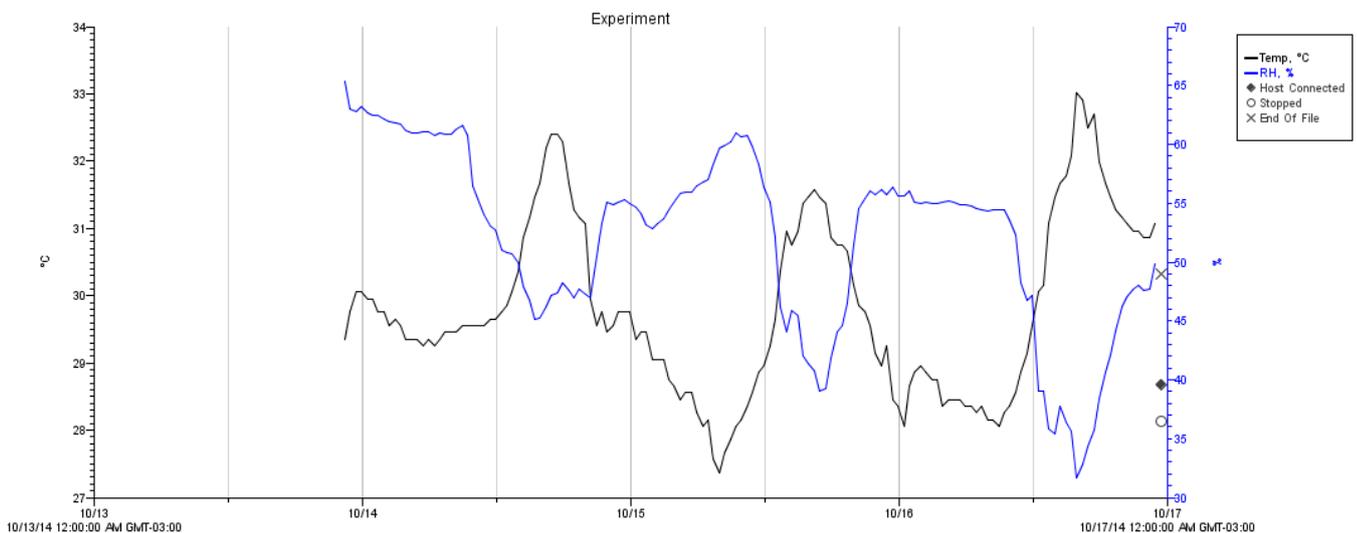


Gráfico 07 – Dias quentes apartamento no centro com fachada norte/oeste.
Fonte: Autor, 2014.

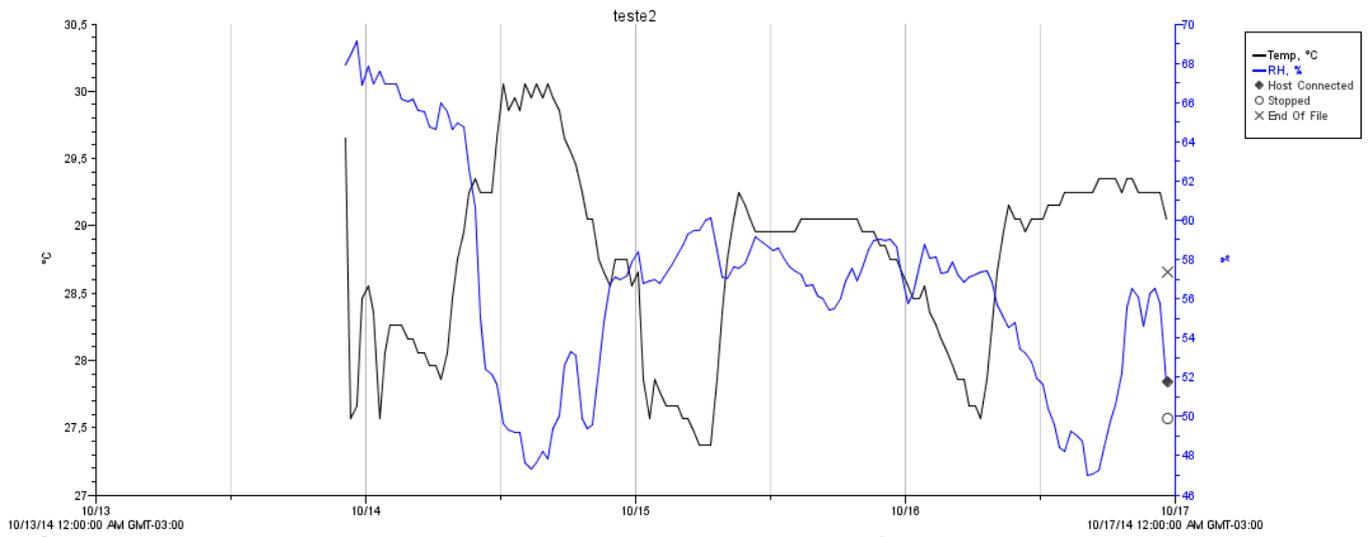


Gráfico 08 – Dias quentes apartamento no centro com fachada norte/leste.
Fonte: Autor, 2014.

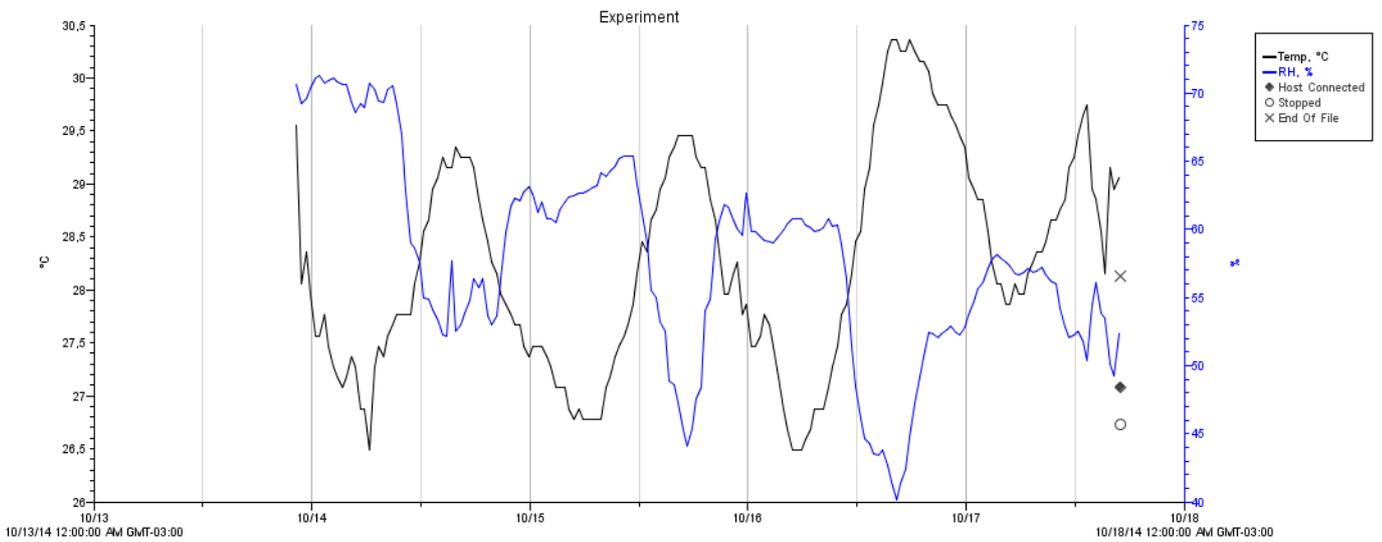


Gráfico 09 – Dias quentes apartamento no centro com fachada sul/leste.
Fonte: Autor, 2014.

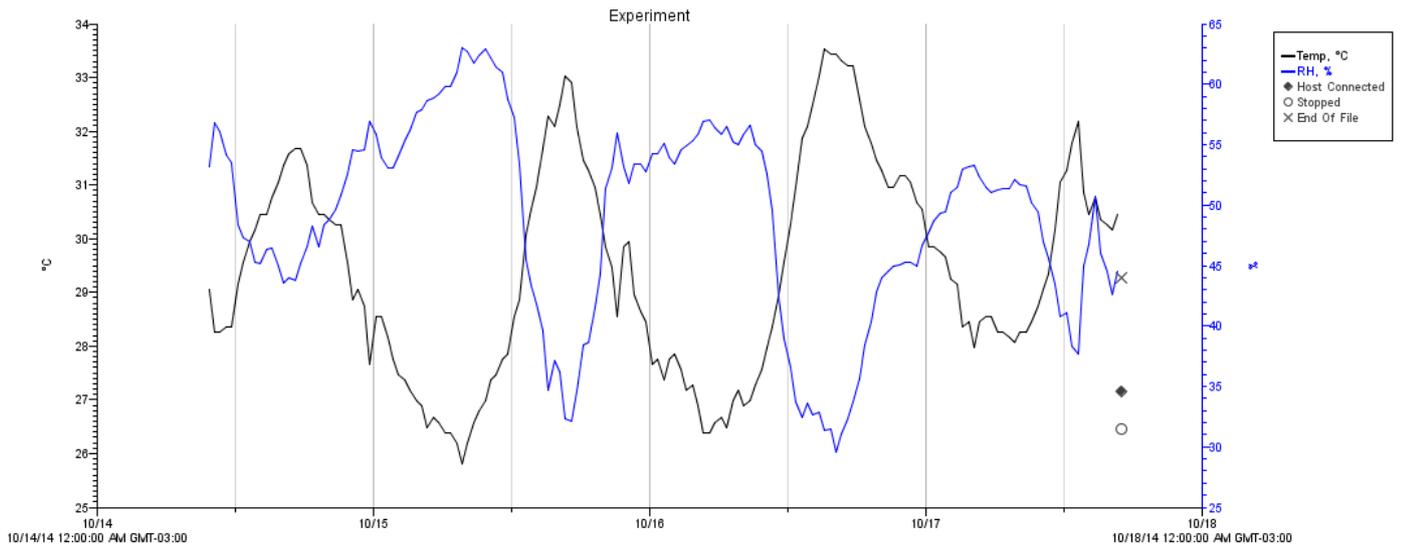


Gráfico 10 – Dias quentes apartamento no centro com fachada sul/oeste.
Fonte: Autor, 2014.

Uma amostra menor de dados foi escolhida, para ser avaliada durante os dias quentes, nos apartamentos do Centro, a escolha dos valores obtidos no dia 15 de outubro de 2014, deu-se porque esse foi o dia mais quente dentro todos os dias que faziam parte da coleta.

Tabela 09 – Comparativo apartamentos do Centro dias quentes.

Tempo	Fachada norte/oeste		Fachada norte/leste		Fachada sul/leste		Fachada sul/oeste	
	Temperatura	Umidade	Temperatura	Umidade	Temperatura	Umidade	Temperatura	Umidade
00:00	29,752	54,97	28,555	57,88	27,37	63,12	27,665	56,94
03:00	29,053	53,71	27,665	57,31	27,075	60,51	27,37	55,33
06:00	28,258	56,49	27,37	59,47	26,781	62,68	26,585	59,15
09:00	27,862	60,19	29,053	57,63	27,173	64,25	26,585	61,75
12:00	28,953	56,33	28,953	58,68	28,159	63,35	27,862	58,79
15:00	30,963	45,48	29,053	57,24	29,053	52,53	31,676	39,58
18:00	30,862	41,78	29,053	55,48	29,452	45,39	32,086	34,62
21:00	29,752	55,43	28,953	58,54	28,357	60,63	29,452	53,05
00:00	28,357	55,59	28,655	57,2	27,862	62,64	28,456	52,78

Fonte: Autor, 2014.

Diferentemente das amostras do Bairro Fraron, as amostras do centro não trouxeram surpresas. O apartamento mais quente durante o verão foi o voltado para o Norte/oeste e o mais frio voltado para Sul/leste. A maior diferença de temperatura ocorreu, portanto, entre esses dois apartamentos, sendo que essa diferença foi de **2,38°C** as 00 hora do dia 15 de outubro de 2014.

O apartamento com fachadas norte e oeste, recebe sol praticamente o dia inteiro, enquanto o apartamento com fachadas sul e leste, não recebe insolação durante a tarde, explicando os dados encontrados. Quanto às diferenças de umidade relativa do ar, a mais acentuada alteração foi de **11,76%**, diferença entre os apartamentos com fachada Norte/Leste e Norte/oeste.

Já, para o período frio, as datas escolhidas para a coleta de dados nos apartamentos do Edifício Rio Tâmis são 25, 26, 27 e 28 de julho de 2014. A previsão para este período se observa na Figura 35.



Figura 35 – Previsão do tempo período frio. Centro.
Fonte: Adaptado de Climatempo, 2014.

Os resultados para esta amostragem podem ser vistos nos Gráficos 11, 12, 13 e 14.

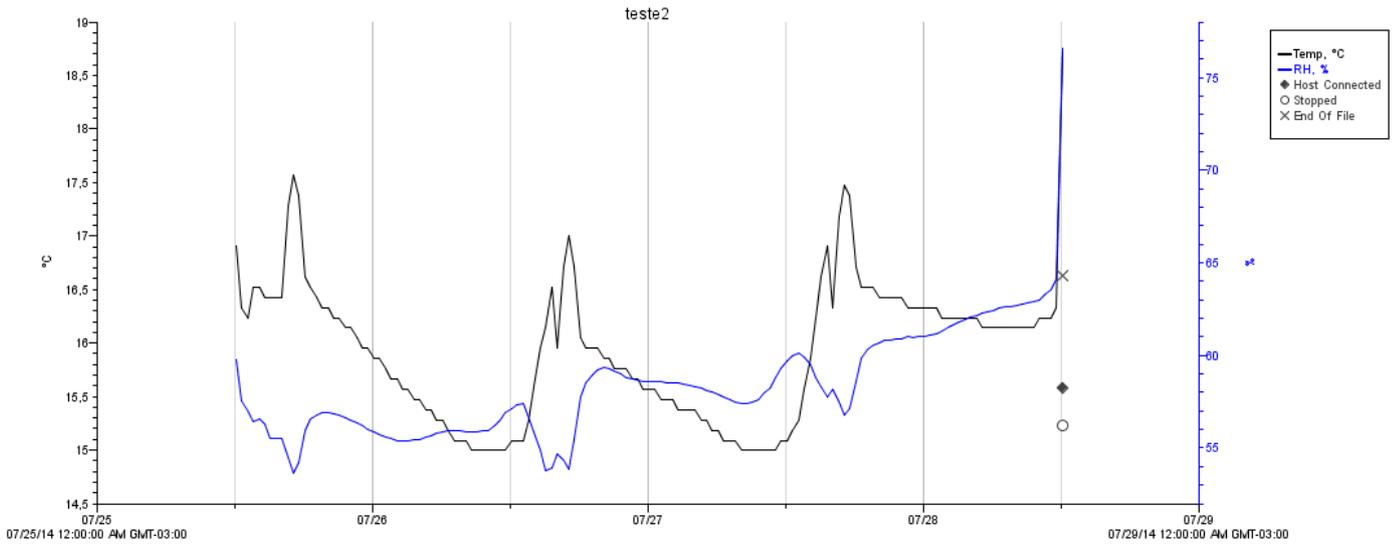


Gráfico 11 – Dias frios apartamento no centro com fachada norte/oeste.
Fonte: Autor, 2014.

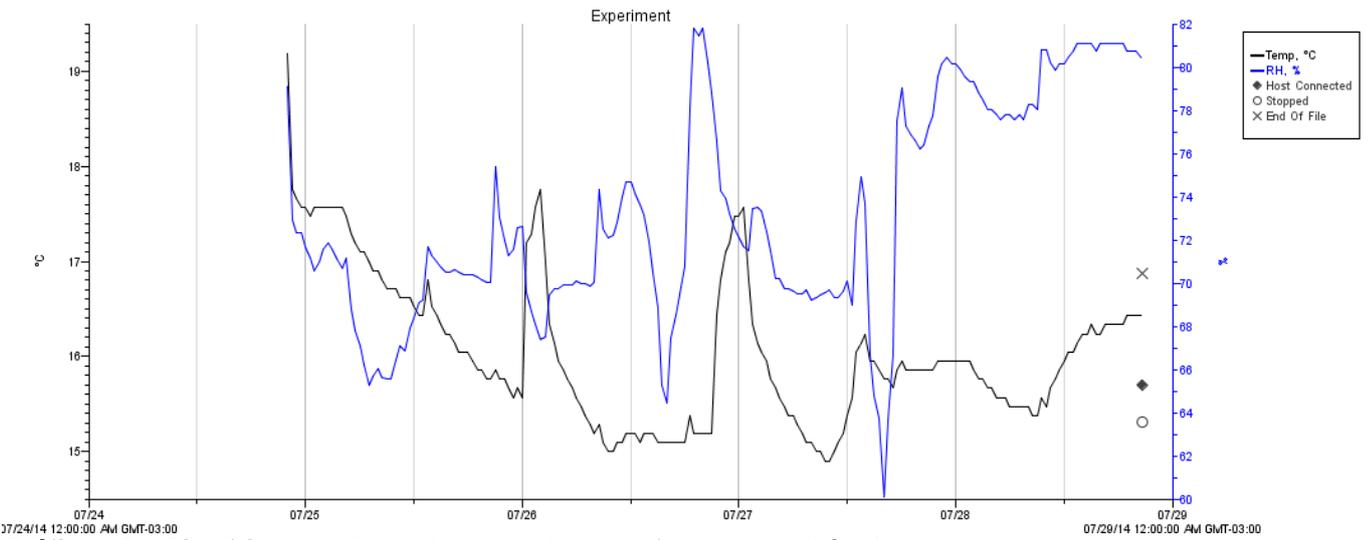


Gráfico 12 – Dias frios apartamento no centro com fachada norte/leste.
Fonte: Autor, 2014.

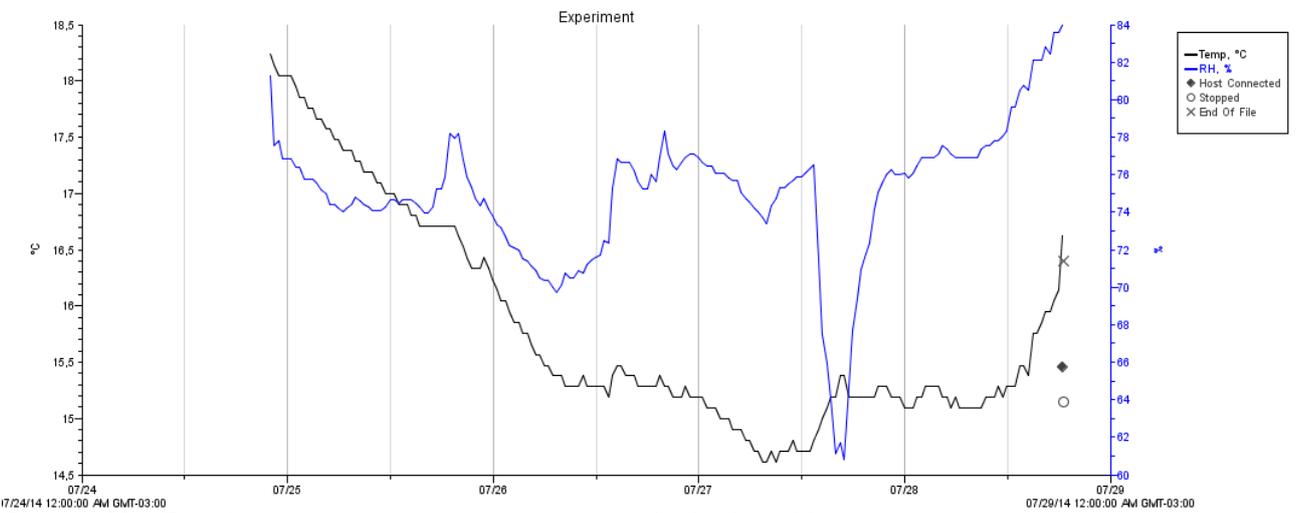


Gráfico 13 – Dias frios apartamento no centro com fachada sul/leste.
Fonte: Autor, 2014.

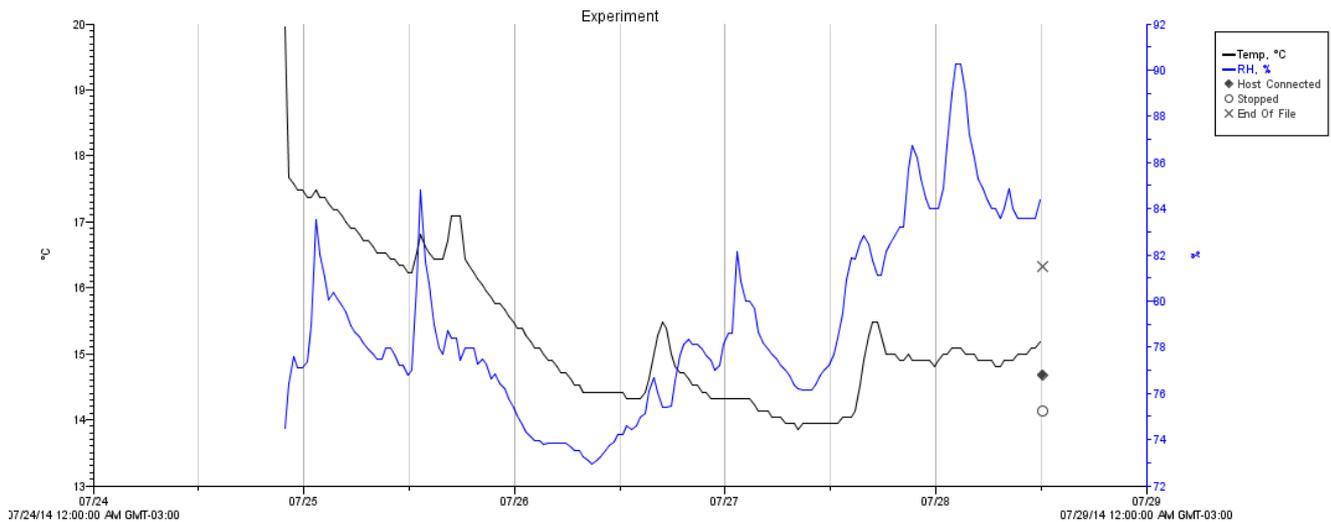


Gráfico 14 – Dias frios apartamento no centro com fachada sul/oeste.

Fonte: Autor, 2014.

A menor temperatura registrada foi no apartamento com fachadas sul e oeste, registrando **13,8°C**, às 08 horas e 00 minuto, do dia 27 de outubro de 2014. Por isso, este dia foi estudado mais a fundo. Assim, elaborou-se a Tabela 10, para um diagnóstico mais cuidadoso.

Tabela 10 – Comparativo apartamentos do Centro dias frios.

Tempo	Fachada norte/oeste		Fachada norte/leste		Fachada sul/leste		Fachada sul/oeste	
	Temperatura	Umidade	Temperatura	Umidade	Temperatura	Umidade	Temperatura	Umidade
00:00	15,569	58,62	17,57	71,7	15,187	76,68	14,325	78,63
03:00	15,378	58,51	15,951	72,39	14,996	76,06	14,325	79,98
06:00	15,187	58,06	15,378	69,61	14,804	74,54	14,038	77,46
08:00	14,996	57,43	14,996	69,32	14,709	74,37	13,846	76,18
12:00	15,091	59,27	15,378	70,11	14,709	75,89	13,942	77,24
15:00	16,237	58,82	15,951	64,82	15,091	65,94	14,134	81,83
18:00	17,379	57,09	15,951	79,03	15,187	67,64	15,282	81,12
21:00	16,427	60,79	15,855	77,29	15,282	75,04	14,996	85,74
00:00	16,332	61	15,951	80,16	15,091	76,05	14,804	84

Fonte: Autor, 2014.

A maior diferença entre temperaturas foi registra nos apartamentos com fachadas Norte/Oeste e Sul/Leste, ficando uma diferença de **2,19°C** entre elas, gravada no horário das 18 horas e 00 minuto. Já a maior diferença de umidade relativa do ar foi de **24,95%**, registradas entre os apartamentos com fachadas Norte/Oeste e Sul/oeste, durante as 21 horas.

Isso ocorreu porque o apartamento com fachadas Sul/Oeste é o que menos recebe irradiação solar durante o dia, ao contrário do apartamento com fachadas Norte/oeste, que recebe irradiação solar na maior parte do tempo.

Conforme a NBR 15220, as recomendações para Pato Branco, por estar inserida na zona bioclimática 2, é de que as áreas de abertura estejam enquadradas como médias, conforme estão listadas na Tabela 11, abaixo:

Tabela 11 - Aberturas para ventilação

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

Fonte: NBR 15220.

Para as residências do Bairro Fraron, os resultados foram os seguintes:

Tabela 12 - Classificação de aberturas para ventilação das casas do Fraron.

Cômodo	Área da abertura	Área do piso	A (em % da área do piso)	Classificação
Sala	2,6 m ²	6,01 m ²	43,26%	Grande
Quarto 1	1,2 m ²	8,62 m ²	13,92%	Pequena
Quarto 2	1,2 m ²	5,96 m ²	20,13%	Média
Banheiro	0,36 m ²	3,24 m ²	11,11%	Pequena
Cozinha	2,68 m ²	10,16 m ²	26,38%	Maior que Média

Fonte: Autor, 2014.

Foram consideradas as portas externas no cálculo.

Portanto, pode-se afirmar que para o projeto padrão das casas estudadas no Bairro Fraron, apenas o quarto 2 atende as especificações estabelecidas pela NBR 15220.

Para proporcionar um melhor conforto térmico é necessário adequar o tamanho das aberturas para que atendam a NBR 15220.

Já para o residencial Rio Tâmis, segundo dados obtidos in loco, temos os seguintes resultados, Tabela 13.

Tabela 13 - Classificação de aberturas para ventilação dos apartamentos Edifício Rio Tâmisia.

Cômodo	Área da abertura	Área do piso	A (em % da área do piso)	Classificação
Sala	3,12 m ²	17,37 m ²	17,96 %	Média
Quarto 1	1,31 m ²	7,85 m ²	16,69 %	Média
Quarto 2	1,31 m ²	5,90 m ²	22,20 %	Média
Banheiro	0,30 m ²	2,58 m ²	11,63 %	Pequena
Cozinha/ Lavanderia	1,31 m ²	6,97 m ²	18,79 %	Média

Fonte: Autor, 2014.

Assim, pode-se dizer que todos os cômodos do Residencial Rio Tâmisia estão seguindo as recomendações da NBR 15220, exceto o banheiro.

Para uma análise de conforto térmico, foi utilizado o *software* americano *HEED: Home Energy Efficient Design*, que trabalha aferindo dados inseridos pelo usuário, como orientação cartográfica (norte, sul, leste, oeste), dimensão das janelas, tipo de material (concreto, madeira, alvenaria), tipo de telhado e região. Como não existe uma base de dados para o município de Pato Branco, foi escolhida a base de dados de Curitiba, por ser a cidade mais próxima a ter uma base de dados possível de ser inserida no *software*.

O programa fornece Gráficos com dados de temperatura interna e externa. Sendo gerado para dados externos o Gráfico 15. As temperaturas estão em Fahrenheit.

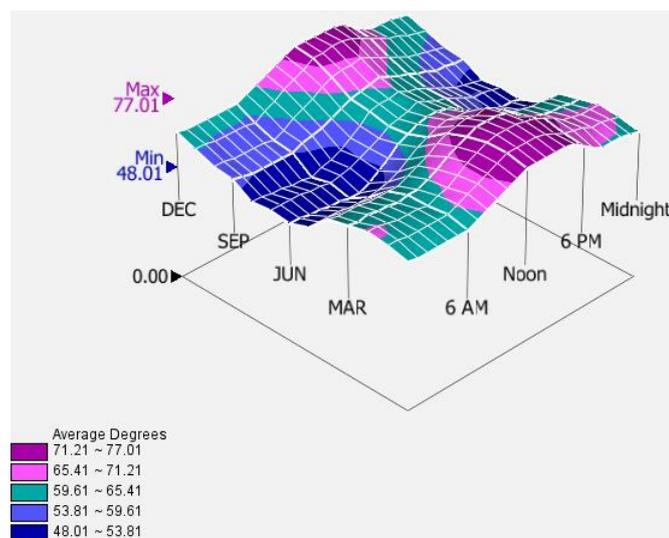


Gráfico 15 – Temperaturas externas, HEED.

Fonte: Autor, 2014.

Como os projetos são iguais, foi desenhada no *software* uma casa com fachada leste e outra com fachada oeste, surgindo os Gráficos 16 e 17.

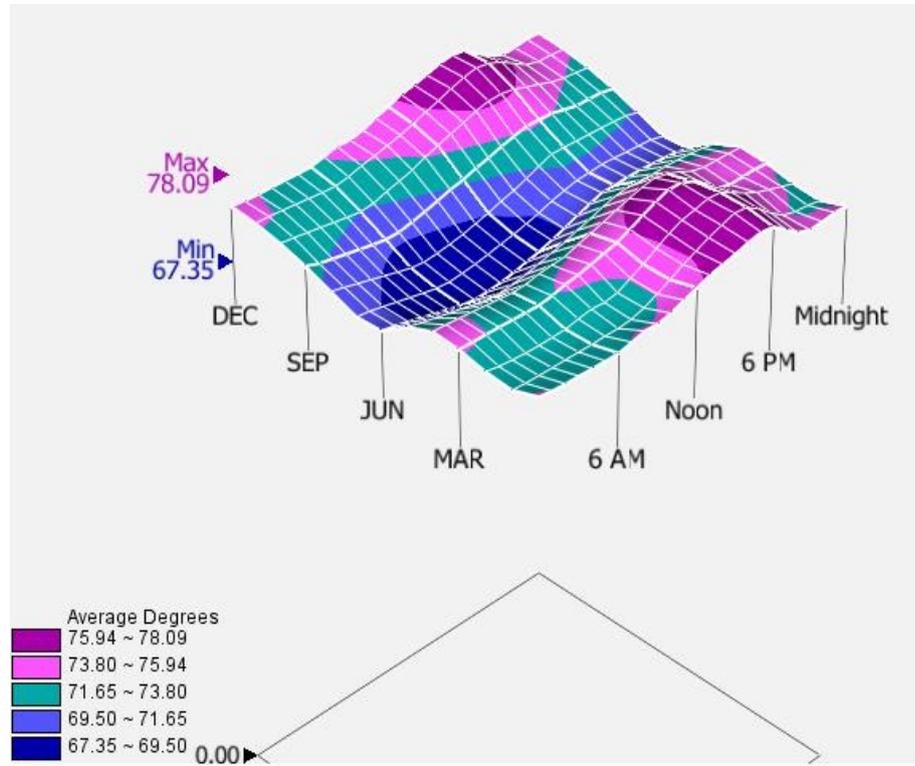


Gráfico 16 – Temperaturas internas, residência Fraron fachada oeste, HEED.
Fonte: Autor, 2014.

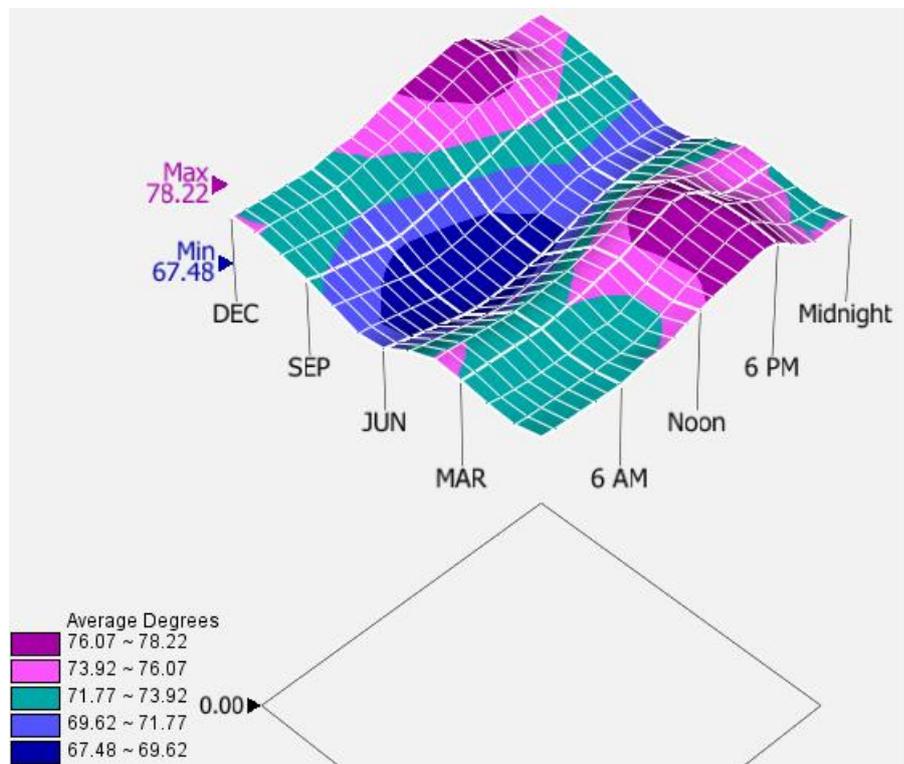


Gráfico 17 – Temperaturas internas, residência Fraron fachada leste, HEED.
Fonte: Autor, 2014.

Com base nos dados dos Gráficos 16 e 17, de maneira mais resumida, elaborou-se um comparativo entre os resultados registrados pelos Dataloggers e os obtidos pelo *software* HEED, originando a Tabela 14.

Tabela 14 – Comparativo entre HEED e Datalogger, Fraron.

Casas	HEED				Dataloggers		Diferenças de Temperaturas	
	Temperatura Máxima		Temperatura Mínima		Temperatura máxima	Temperatura mínima	Máxima	Mínima
	° F	° C	° F	° C				
Fachada Leste	76,07	24,48	67,48	19,71	28,56	16,24	4,07	3,47
Fachada Oeste	78,09	25,61	67,35	19,64	28,06	15,76	2,45	3,88

Fonte: Autor, 2014.

Os dados referentes aos apartamentos do centro foram inseridos no *software* HEED e o resultado encontra-se nos Gráficos 18, 19, 20 e 21.

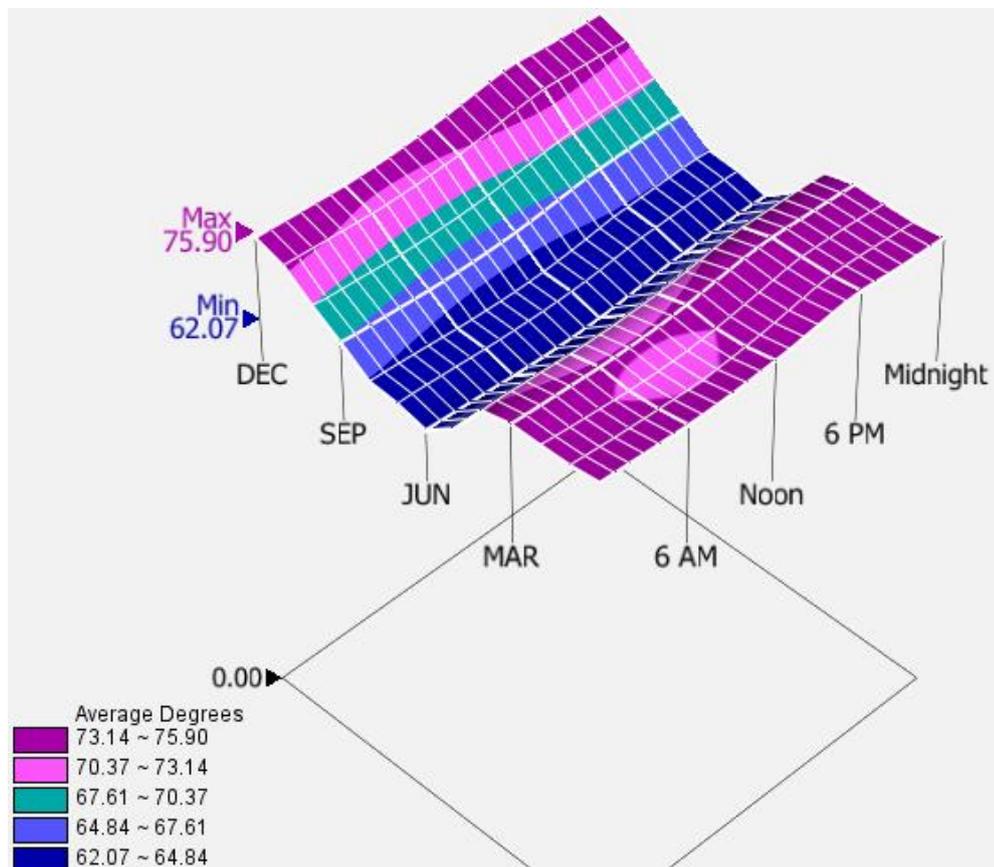


Gráfico 18 – Temperaturas internas, apartamento centro fachada Sul/Oeste, HEED.
Fonte: Autor, 2014.

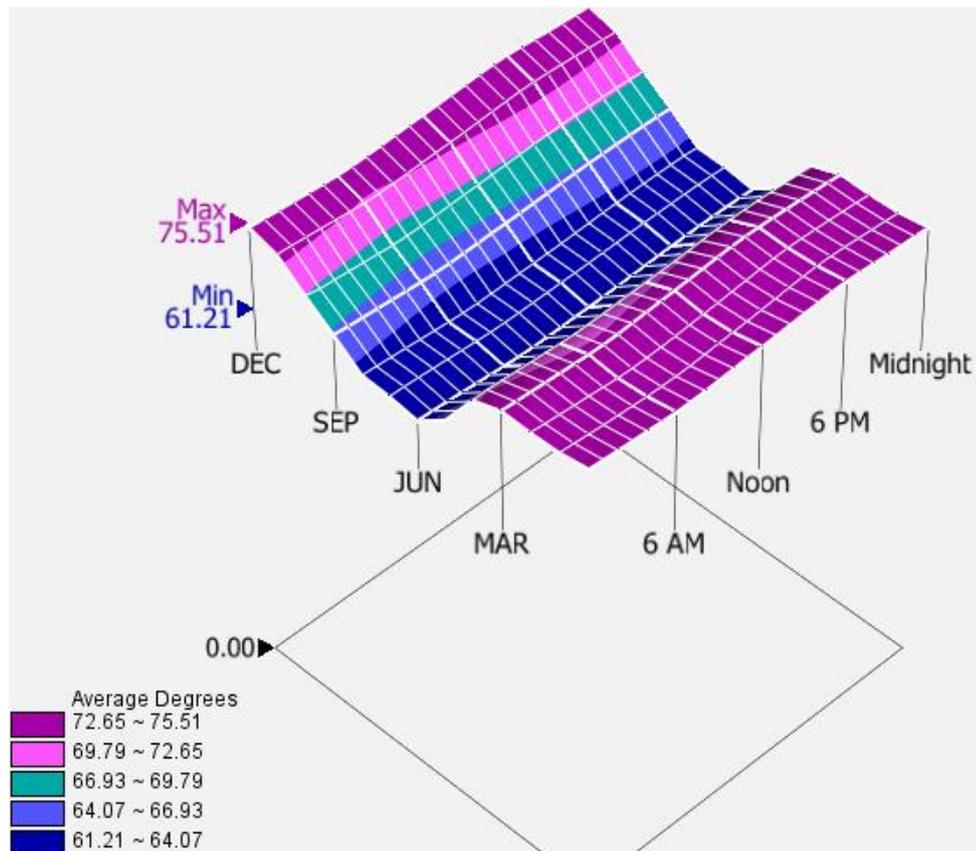


Gráfico 19 – Temperaturas internas, apartamento centro fachada Sul/Leste, HEED.
Fonte: Autor, 2014.

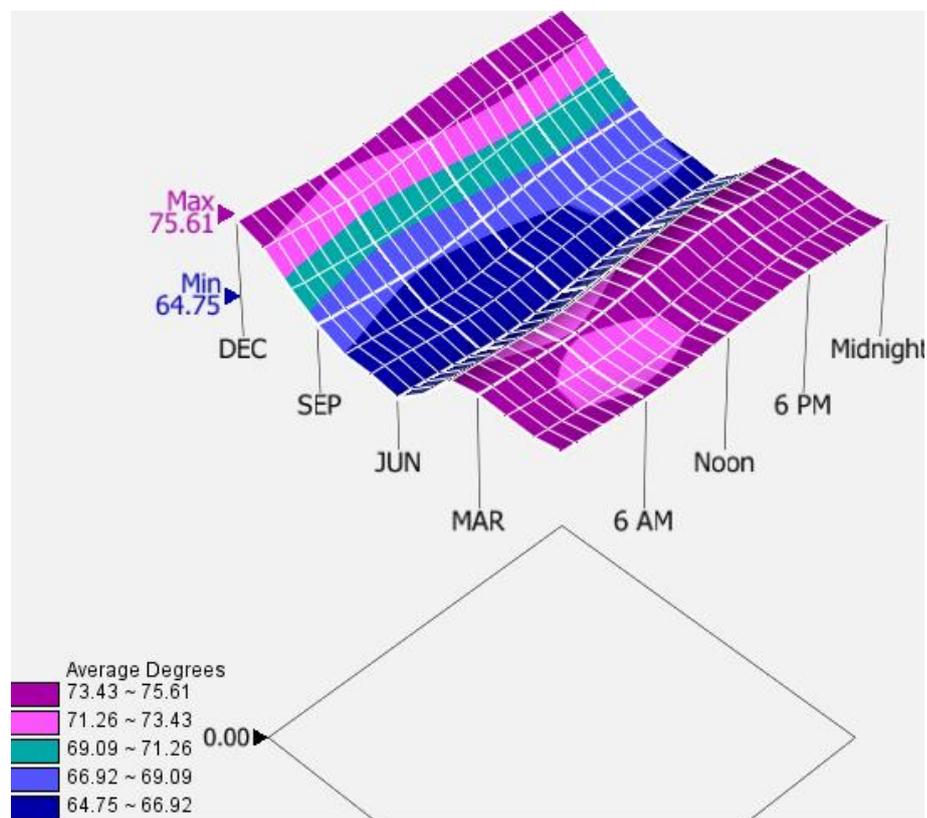


Gráfico 20 – Temperaturas internas, apartamento centro fachada Norte/Leste, HEED.
Fonte: Autor, 2014.

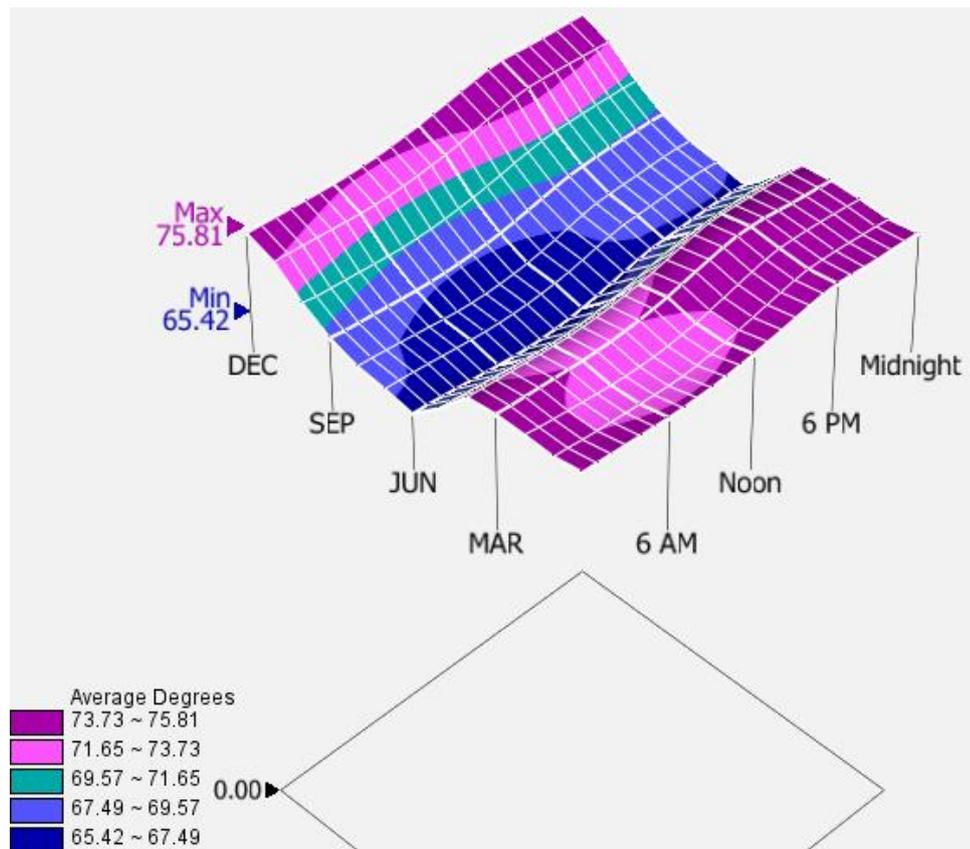


Gráfico 21 – Temperaturas internas, apartamento centro fachada Norte/Oeste, HEED.
Fonte: Autor, 2014.

Tabela 15 – Comparativo entre HEED e Datalogger, Centro.

Fachadas	HEED				Dataloggers		Diferença temperaturas	
	Temperatura máxima		Temperatura mínima		Temperatura máxima	Temperatura mínima	Máxima	Mínima
	° F	° C	° F	° C				
Norte/Oeste	75,81	24,34	65,42	18,57	29,752	14,996	5,41	3,57
Norte/Leste	75,91	24,39	64,75	18,19	29,053	14,996	4,66	3,20
Sul/Leste	75,51	24,17	61,21	16,23	29,452	14,709	5,28	1,52
Sul/Oeste	75,90	24,39	62,07	16,71	29,452	13,846	5,06	2,86

Fonte: Autor, 2014.

Comparando os resultados do *software* HEED e os registrados pelos *Dataloggers*, nota-se uma diferença entre os dados. Contudo, os resultados obtidos pelo *software* HEED, apontam informações variantes durante o ano e o dia, enquanto os obtidos pelos *Dataloggers* trazem informações variantes apenas durante o dia, porém de uma maneira mais precisa. Ou seja, apesar da diferença dos resultados e dos gráficos, as ferramentas utilizadas no estudo de caso se

complementam. Essa diferença pode ser também pelo fato dos dados do software HEED, serem de 2008, e também por eles não serem referentes à Pato Branco e sim a Curitiba, podem ainda ter ocorridos erros na elaboração do projeto dentro do *software* e, além disso, nos resultados podem existir modificações providas pelo uso de equipamentos como ventiladores, umidificadores, fogão a lenha, dentre outros. Contudo foi observado apenas o uso de ventilador em um dos apartamentos e fogão a lenha em uma das residências do Bairro Fraron.

5 CONCLUSÃO

Os dados de temperatura e umidade relativa do ar foram obtidos, através dos dados e gráficos gerados pelos equipamentos de medição, *Dataloggers*, tornando possível a finalização dessa pesquisa. Utilizando as informações oriundas desses equipamentos, fez-se a tabulação dos dados, a qual foi importante para perceber as diferenças de uma residência para a outra, conforme suas características, sendo necessária uma compactação dos dados, para uma análise mais apurada, buscando os pontos de maior contraste, ao mesmo tempo, a fim de descobrir o porquê dessas diferenças encontradas.

Valores máximos de temperatura foram obviamente registrados durante o verão, sendo esses de 29,75°C nos apartamentos localizados no centro e de 27,37°C nas residências do Bairro Fraron. Os valores de inverno atingiram 15,76°C e 13,85°C, no Bairro Fraron e no Centro, respectivamente.

Pelos números obtidos, aparentemente, o Bairro Fraron tem um conforto térmico melhor do que o Centro, gerados por apresentar menor índice de pavimentação, menos asfalto, mais arborização, maiores áreas de infiltração, dentre outras características positivas, o que realmente ocorre. Apesar de não ser objetivo de este trabalho avaliar o entorno e o material das esquadrias, esses fatores também interferem diretamente no conforto térmico dos ambientes.

Porém, as temperaturas externas nos dias das coletas de dados no Centro foram mais extremas, o que condicionou esses resultados mais favoráveis ao Bairro Fraron; num comparativo breve as temperaturas máximas externas no Centro, segundo a previsão do tempo do site Climatempo, foram de 36°C contra 31°C no Bairro Fraron e no inverno foi 0°C no Centro, contra 12°C no Bairro Fraron.

A verificação da conformidade com a NBR 15220 foi necessária para análise do conforto térmico dos ambientes estudados, sendo possível indicar ajustes para obter um melhor conforto térmico nas residências observadas. No caso das residências do Bairro Fraron existe uma necessidade de adequar o tamanho das aberturas conforme as diretrizes da NBR 15220, pois apenas um dos cômodos atendia o parâmetro estabelecido pela norma, conforme se observa na Tabela 11. Além disso, podem-se tomar medidas que vão além das esquadrias, como a utilização de mantas térmicas nos telhados das casas.

Nos apartamentos do residencial Rio Tâmis, as esquadrias não necessitam de mudanças de dimensões, pois atendem a NBR 15220, com exceção do banheiro visto na Tabela 12. Todavia, nos dormitórios dos apartamentos com fachadas Sul/Leste e Sul/Oeste, ocorre mofo, pelo fato das janelas serem voltadas para o sul. Para resolver este problema, as aberturas poderiam ser voltadas para o Leste ou Oeste, proporcionando maior irradiação solar evitando a proliferação desses organismos. Na sala, apesar da porta/janela estar voltada para o sul não ocorre mofo, pois a mesma é bem ventilada e recebe irradiação oriunda das aberturas dos quartos e da cozinha.

Analisando todos os gráficos, compreende-se que existe uma tendência de comportamento inversa entre a temperatura e a umidade relativa do ar. Dado que quando uma aumenta a outra tende a cair. Podendo em dias quentes e secos aumentar a umidade relativa do ar, através de umidificadores, interferindo também na temperatura ambiente provendo um ambiente termicamente mais confortável aos moradores.

Dados mais coerentes foram encontrados nos apartamentos do Centro, pois os mesmos estão inseridos em um ambiente idêntico, sem modificações, com usuários que têm horários e usos parecidos, diferentemente do que ocorreu nas casas do Bairro Fraron, onde uma casa conta com mais arborização que a outra, além de modificações feitas no projeto original e moradores com perfis diferentes de ocupação.

Com o *software* HEED, foi possível perceber como varia o clima durante o ano, isso é importante, pois conhecendo os extremos, pode-se investir em medidas certas para um bom funcionamento térmico do ambiente durante o ano inteiro. Tomando estratégias de conforto térmico passivo, que consiste num correto projeto das aberturas, aproveitando insolação natural, ventilação cruzada e outras técnicas de aproveitamento natural.

Dados os fatos, fica clara a influência do projeto das aberturas no conforto térmico. Por exemplo, os apartamentos do Edifício Rio Tâmis com fachada Norte registraram temperaturas mais elevadas do que os com fachada sul. Desta forma, medidas de ajustes como escolha da parede adequada, orientação em relação à insolação, aumento ou diminuição das dimensões e até mesmo a escolha do tipo de esquadria e vidros refletem diretamente nos dados de temperatura e umidade relativa do ar interno das construções.

Sendo assim, cabe ao projetista pensar na melhor escolha proporcionando melhor qualidade de vida aos ocupantes das edificações e, conseqüentemente, saúde aos usuários, bem como economia energética. Pelo simples fato de não ser preciso utilizar aparelhos com tanta frequência para melhorar o conforto térmico, quando se tem um projeto bem pensado termicamente, usufruindo de conforto térmico passivo.

O conforto térmico esta interligado com construções sustentáveis, pois nas referências estudadas sobre sustentabilidade e sobre conforto térmico existe uma permutação entre os assuntos.

A sustentabilidade é um tema cada vez mais discutido em todos os ramos, na construção civil sua utilização se fará mais importante a cada dia, devido ao fato de que a sociedade deve diminuir seu consumo equilibrando as entradas e saídas de recursos em tudo que é produzido ou projetado, para que os recursos naturais não se esgotem. Logo, estudos que envolvem conforto térmico estão veementemente ligados com a sustentabilidade da construção civil.

A vigoração da NBR 15575, caminha no desenvolvimento sustentável, ao passo que ela estabelece parâmetros mais ortodoxos em relação ao desempenho das edificações, parâmetros que farão com que as construções tenham maior desempenho e, conseqüentemente, conforto térmico, assumindo uma vertente sustentável.

Portanto, esboços como esses são importantes para um desenvolvimento social na busca da plena sustentabilidade, sem esta, com o passar dos anos, não será possível viver em parcimônia no Brasil e em qualquer local do Planeta Terra. Formando assim um escopo coerente para o futuro da sociedade.

Como sugestão para trabalhos futuros segue algumas considerações:

- Fazer a mesma pesquisa usando edificações e residências em fase de acabamento, pois essas, não tem interferência dos moradores, facilitando a obtenção dos dados, podendo monitorar também a velocidade do ar.

- Verificar parâmetros da NBR 15575 – Edificações habitacionais – Desempenho nessas obras em fase de acabamento.

- Fazer um comparativo entre as recomendações da NBR 15220 - Desempenho Térmico de Edificações e o Código de Obras de Pato Branco – PR e também de outras localidades.

RERERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR **15220**: Desempenho Térmico de Edificações. Rio de Janeiro, 2003.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR **15575**: Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Desempenho. Rio de Janeiro, 2007.

ASHRAE, 55:2004. **Thermal environmental conditions for human occupancy**. Atlanta, 2004.

Associação Brasileira de Construção Industrializada. **Manual técnico de caixilhos, janelas: aço, alumínio, madeira, PVC, vidros, acessórios, juntas e materiais de vedação**. São Paulo: Pini, 1991. 213 p.

BARBOSA, O.R.; SILVA, R.G. da; SCOLAR, J.; GUEDES, J.M.F. **Zoneamento Bioclimático da Ovinocultura no Estado do Paraná**. 1995.

BRAGANÇA, Luís. **Princípios de Desenho e Metodologias de Avaliação da Sustentabilidade das Construções**. "Revista Espaços", 2005. Disponível em: <http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/4943/1/Braganca_RNE_2005.pdf>. Acesso em: 03 nov. 2014.

BRUNTLAND, G.H. (editora). **Our common Future: The world commission on environment and Development**. Oxford. Oxford University Press. 398 pp. 1987.

CARVALHO, Benjamin de A.. **Ecologia e arquitetura: ecoarquitetura, onde vive o homem**. Rio de Janeiro: Globo, 1984. 183 p

CBIC, Câmara Brasileira da Construção. **Programa Construção Sustentável**. [s. d.]

CHING, Frank. **Técnicas de construção ilustradas**. 4. ed. Porto Alegre, RS: Bookman, 2010.

Climatempo, previsão do tempo para Pato Branco – PR Disponível em: <<http://www.climatempo.com.br/>> Acesso em: julho, outubro e novembro de 2014.

CÓDIGO DE OBRAS. Prefeitura Municipal de Pato Branco. Pato Branco/PR. 2010.

COSTA, Ennio da Cruz. **Arquitetura ecológica**: condicionamento térmico natural. São Paulo: Edgard Blucher, 1982. 264 p.

DE VECCHI, RENATA. **Condições de conforto térmico e aceitabilidade da velocidade do ar em salas de aula com ventiladores de teto para o clima de Florianópolis/SC** [dissertação] / Renata De Vecchi ; orientador, Roberto Lambers. - Florianópolis, SC, 2011. 142 p.

DEGANI, Clarice Menezes; CARDOSO, Francisco Ferreira. **A sustentabilidade ao longo do ciclo de vida de edifícios: A importância da etapa de projeto arquitetônico**. Escola Politécnica da USP. 2002.

DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO. **Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento: Agenda 21**. Brasília, 02 Ago. 1994. Tradução do Ministério das Relações Exteriores.

FRANSOZO, Hélder L. **Avaliação de desempenho térmico de habitações de baixo custo estruturadas em aço**. 2003. 274f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2003.

FROTA, Anesia Barros; SCHIFFER, Sueli Terezinha Ramos. **Manual de conforto térmico**: arquitetura, urbanismo. São Paulo: Nobel, 1988.

FROTA, Anésia Barros; SHIFFER, Sueli Ramos. **Manual de Conforto Térmico**. 5. ed. São Paulo: Studio Nobel, 2001.

GIL, Antônio Carlos. **Como Elaborar um Projeto de Pesquisa**. 4ª ed. São Paulo, 2002.

GONÇALVEZ, Joana Carla Soares; DUARTE, Denise Helena Silva. **Arquitetura sustentável: uma integração entre ambiente, projeto e tecnologia em experiências de pesquisa, prática e ensino**. Disponível em: <

<http://www.seer.ufrgs.br/index.php/ambienteconstruido/article/view/3720>>. Acesso em: 03 nov. 2014.

GRANJA, Ariovaldo Denis, et al. **A natureza do valor desejado na habitação social**. Campinas, 2009. 17 p.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Estimativas da População Residente no Brasil e Unidades da Federação em 2014. <ftp://ftp.ibge.gov.br/Estimativas_de_Populacao/Estimativas_2014/estimativa_dou_2014.pdf> Acesso em: 15 ago. 14.

INMETRO/IDEC - Meio Ambiente e Consumo – Coleção Educação para o Consumo IPCC. The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. In: HOUGHTON, J.T. (Ed.). **Climate Change**. New York: Cambridge University Press, 2007.

LAMBERTS, Roberto. **Desempenho Térmico de Edificações**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2005.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. São Paulo: PW Editores, 1997.

LOBO, Jamilton W, et al. **Determinação da Eficiência e da Aplicabilidade de Bombas de Calor em Clima Temperado Subtropical – Típico da Região Sul do País**. Disponível em: <<http://www.espacoenergia.com.br/edicoes/1/001-04.pdf>>. Acesso em: 15 dez. 2013.

Localização de Pato Branco – PR, Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Pato_Branco#mediaviewer/File:Parana_Municip_PatoBranco.svg>. Acesso em: 05 nov. 2014.

LOPES, Eurídice F. M. **Conforto Térmico**, 2008. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/3678153/Conforto-Termico>> Acesso em 10 dez. 2013.

MACINTYRE, Archibald Joseph. **Ventilação industrial e controle da poluição**. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1990. 403 p.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de metodologia científica**. 5ª ed - São Paulo, 2003.

MASCARÓ , Lúcia Raffo de. **Luz, clima e arquitetura**. 3. ed. São Paulo: Nobel, 1983. 177 p.

Ministério do meio ambiente. **Agenda 21**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/agenda-21>>. Acesso em: 14 nov. 2014.

MONTENEGRO, Gildo A. **Ventilação e cobertas: estudo teórico, histórico e descontraído: a arquitetura tropical na prática**. São Paulo: E. Blücher, 1984.

MÜLHMANN, Alana Paula; ROSSATTO, Anderson Caceres Farias. **Análise da Diferença no Conforto Térmico em Diferentes Pavimentos em um Edifício Residencial**. 2011. 83 folhas. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2011.

NORTH, M.O.; BELL, D.D. **Commercial chicken production manual**. 4.ed. New York: Van Nostrad Reinhold, 1990. 456p.

Prefeitura de Pato Branco. **Clima em pato branco**. Disponível em <<http://www.patobranco.pr.gov.br/municipio4.aspx>>. Acesso em 20 fev. 2014.

RODRIGUES, Edmundo. **Conforto térmico das construções**. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. [s. d.], Disponível em: <http://wiki.sj.ifsc.edu.br/wiki/images/c/c6/Transmissao_de_Calor_em_Edificacoes.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2014.

SANTOS, R.L.; ANDRADE, H.O. **Avaliação quantitativa do conforto térmico de uma cidade em área de transição climática: Feira de Santana-Bahia, Brasil**. Revista de Geografia Norte Grande, n.40, p.77-84, 2008.

SELLERS, W. D. **Physical climatology**. Chicago: The University of Chicago, 1965.

SEVERINO, Antonio Joaquim. **Metodologia do trabalho científico**. 23. ed. São Paulo: Cortez, 2007. 304 p.

SILVA, Rafael Alves; SILVA, jesué G., **Conceitos de termologia**. CEFET-SC, Projeto Inter-Red, 2007. Disponível em:

<<http://wiki.sj.ifsc.edu.br/wiki/images/e/e6/Conceitocalorsensivelelatente.swf>>.
Acesso em 14/12/13.

TABALIPA, L.; FIORI, Alberto P. **Estudo do clima do município de Pato Branco, Paraná**. Pato Branco, 2008.