

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

LUIZA GUERRA BELLO

**ANÁLISE DO DESEMPENHO DE CONFORTO TÉRMICO DE
PROJETOS DE HABITAÇÕES UNIFAMILIARES EM
PATO BRANCO, PR**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PATO BRANCO

2013

LUIZA GUERRA BELLO

**ANÁLISE DO DESEMPENHO DE CONFORTO TÉRMICO
DE PROJETOS DE HABITAÇÕES 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^o. Msc. José Valter Monteiro Larcher.

Co-orientadora: Prof^a. Msc Jucélia Kuchla Vieira Gealh.

PATO BRANCO

2013



TERMO DE APROVAÇÃO

ANÁLISE DO DESEMPENHO DE CONFORTO TÉRMICO DE PROJETOS DE HABITAÇÕES UNIFAMILIARES EM PATO BRANCO, PR

LUIZA GUERRA BELLO

Aos 15 dias do mês de agosto do ano de 2013, às 13h30min, na Sala de Treinamento da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, este trabalho de conclusão de curso foi julgado e, após arguição 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 25-TCC/2013.

Orientador: Prof. Msc. JOSÉ VALTER MONTEIRO LARCHER (DACOC/UTFPR-PB)

Co-orientadora: Prof^a. Msc. JUCÉLIA KUCHLA V. GEALH (DACOC/UTFPR-PB)

Membro 1 da Banca: Prof. Dr. JOSÉ ILO PEREIRA FILHO (DACOC/UTFPR-PB)

Membro 2 da Banca: Prof^a Dr^a ANDREA SARTORI JABUR (DACOC/UTFPR-PB)

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos responsáveis por minha força e meu sorriso, nos bons e maus momentos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus pais Nelson e Loreni e ao meu irmão Vinícius por todo o apoio, incentivo e carinho; e também aos demais familiares que me apoiaram e contribuíram realização deste objetivo.

Agradeço também aos amigos pelos momentos de descontração, em especial à Luana de Paula Miotto, Lúcia Sangalli e Viviane de Paula Miotto por estarem sempre dispostas a contribuir e ao Vinicius Fassina que também colaborou para a realização do trabalho.

Ao André Delvino, principal responsável por minhas alegrias, agradeço pela companhia e pela ternura.

Agradeço aos orientadores, prof^o José Valter Monteiro Larcher e prof^a Jucélia Kuchla Vieira Gealh, por todo o conhecimento transmitido, e por acreditarem neste trabalho.

Agradeço à UTFPR – Câmpus Pato Branco e ao Ronaldo Martins pela disponibilização de equipamentos.

Agradeço à Prefeitura Municipal de Pato Branco pela disponibilização do local de estudo.

Agradeço a todos que participaram direta e indiretamente para a realização desse trabalho.

EPÍGRAFE

Não enfrente monstros sob pena de te tornares um deles, e se contemplos o abismo, a ti o abismo também contempla. (NIETZSCHE, Friedrich)

RESUMO

O uso de equipamentos condicionadores de ar é cada vez maior e isso gera um aumento na demanda de energia elétrica. A obtenção desta energia tem como consequência impactos ambientais e, devido a isto, há a preocupação em obter conforto térmico com o menor consumo de energia possível. A NBR15220:2003 em sua parte 3 apresenta o zoneamento bioclimático brasileiro e traz as recomendações e diretrizes construtivas para se obter um melhor desempenho das habitações sociais quanto ao conforto térmico em cada uma destas zonas bioclimáticas. Este trabalho tem o intuito de analisar o desempenho do conforto térmico de habitações unifamiliares da cidade de Pato Branco. Para isto, foram analisados os projetos das mesmas com base na NBR 15220:2003 e aplicados questionários. Verificou-se que a maioria das habitações atende aos requisitos da Norma quanto aos materiais utilizados e dimensões de aberturas para ventilação, porém, apenas 58,05% das habitações estudadas são confortáveis termicamente no período de verão e 42,47% foram consideradas confortáveis termicamente no período de inverno, segundo seus próprios moradores.

Palavras-chave: conforto térmico, eficiência energética, conjuntos habitacionais.

ABSTRACT

The use of air conditioners equipments increasing and this makes an electrical energy rise. The obtainment of this energy has as consequences environmental impacts and, due to this, there is a preoccupation on getting thermal comfort with the less energy costs possible. The NBR15220:2003 in your part 3 presents the Brazilian bioclimatic zoning and brings as recommendations and constructive guidelines to obtain a better performance of the social housing as to thermal comfort in each of these bioclimatic zoning. This task intends analyze the thermal comfort performance of single-family housing at Pato Branco. Thereunto, the projects of those houses were analyzed based on NBR 15220:2003 and applied questionnaires. It was checked that the majority of the habitation meets the Standard's requirements as to the utilized materials and ventilation access, however, only 58,05% of the analyzed habitation are considered thermally comfortable during the summer and 42,47% were considered thermally comfortable during the winter, according to residents themselves.

Key words: thermal comfort, energy efficiency, housing complexes.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 - Mapa de classificação climática de Koppen-Geiger.....	17
Figura 02 - Carta bioclimática de Givoni, adotada para o Brasil.....	19
Figura 03 - Telhado para ventilação e ventilação cruzada	20
Figura 04 - Carta Bioclimática desenvolvida para Pato Branco	23
Figura 05 - Quadro para determinação da Sensação Térmica.....	24
Figura 06 - Zoneamento bioclimático brasileiro.....	25
Figura 07 - Diferentes tipos de blocos.....	29
Figura 08 - Fluxograma das etapas realizadas	33
Figura 09 - Residências estudadas no Bairro Fraron	34
Figura 10 - Conjunto Habitacional Santa Fé	34
Figura 11 - Algumas habitações do Conjunto Habitacional Santa Fé	35
Figura 12 - Conjunto Habitacional Nossa Terra	35
Figura 13 - Algumas residências do Conjunto Habitacional Nossa Terra	36
Figura 14 - Conjunto Habitacional Rio Chapecó	36
Figura 15 - Localização dos conjuntos habitacionais	37
Gráfico 16 - Desempenho de residências do Bairro Fraron	45
Gráfico 17 – Desempenho de residências do Conjunto Habitacional Nossa Terra ...	45
Gráfico 18 - Desempenho de residências do Conjunto Habitacional Santa Fé	46
Gráfico 19 - Desempenho de residências de 30m ² do Conjunto Habitacional Rio Chapecó.....	47
Gráfico 20 – Desempenho de residências de 40m ² do Conjunto Habitacional Rio Chapecó.....	47
Gráfico 21 - Desempenho de residências do Bairro Planalto	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Características dos climas presentes no Brasil.....	17
Tabela 02 - Transmitância térmica, atraso térmico e fator de calor solar admissíveis para cada tipo de vedação externa	39
Tabela 03 - Propriedades térmicas das vedações externas de habitações construídas nos conjuntos habitacionais Nossa Terra e Santa Fé.....	40
Tabela 04 - Propriedades térmicas das vedações externas de habitações construídas no Conjunto Habitacionais Rio Chapecó	40
Tabela 05 - Propriedades térmicas das vedações externas de habitações com paredes de concreto.....	41
Tabela 06 - Aberturas para ventilação	42
Tabela 07 - Classificação de aberturas para ventilação das residências edificadas nos conjuntos habitacionais Nossa Terra e Santa Fé	42
Tabela 08 - Classificação de aberturas para ventilação de residências edificadas no Conjunto Habitacional Rio Chapecó.....	43
Tabela 09 - Desempenho de residências com paredes em concreto.....	44
Tabela 10 - Desempenho de conforto térmico e sistema de cobertura de residências analisadas no Bairro Planalto.....	48
Tabela 11 – Relação entre desempenho de conforto térmico e material utilizado no sistema de cobertura em diferentes períodos do ano	49
Tabela 12 - Média das notas obtidas em pesquisa do desempenho de conforto térmico das residências de cada conjunto habitacional	50

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVOS	13
2.1 OBJETIVO GERAL	13
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
3 JUSTIFICATIVA	13
4 CONFORTO TÉRMICO	14
4.1 BIOCLIMATOLOGIA	15
4.1.1 Clima do Brasil.....	16
4.2 ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA	18
4.3 CARTA BIOCLIMÁTICA.....	19
4.4 SENSAÇÃO TÉRMICA	23
4.5 APLICAÇÃO DA NBR 15220:2003 NO LOCAL DE PESQUISA	25
4.6 CONFORTO TÉRMICO NA NBR 15575.....	26
5 HABITAÇÃO SOCIAL	28
5.1 FECHAMENTOS VERTICAIS OPACOS	28
5.2 COBERTURA.....	29
5.3 FECHAMENTOS TRANSPARENTES	30
6 MÉTODO DE TRABALHO	32
6.1 MÉTODO DE PESQUISA	32
6.2 CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO	33
6.3 MATERIAIS UTILIZADOS.....	37
7 RESULTADOS	39
7.1 ANÁLISE DOS MATERIAIS	39
7.2 ANÁLISE DE DIMENSÕES DE ABERTURAS.....	42
7.3 RESULTADOS COLETADOS EM CAMPO	43
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS	51
9 REFERÊNCIAS	53
APÊNDICE A	57
ANEXO A	59
ANEXO B	61

1 INTRODUÇÃO

Até meados do século XX, ao se projetar o envoltório das edificações, era praticamente obrigatório considerar as condições climáticas do local, já que havia poucas opções de equipamentos que auxiliassem no condicionamento do ambiente, e este era feito usufruindo dos recursos naturais, tais como irradiação solar e os ventos. Com a rápida revolução tecnológica pós-Revolução Industrial, surgiram objetos que mudariam as condições do ambiente de maneira artificial utilizando-se de algumas fontes de energia (LAMBERTS et al, 1997).

O uso destes equipamentos só tem aumentado. Porém, para suprir esta demanda de energia, necessita-se de alto investimento financeiro para executar tais obras, as quais causam impactos ambientais. Devido a isto, há a preocupação em diminuir o consumo de energia e, uma forma de fazer isto é projetar edifícios eficientes energeticamente.

Eficiência energética é a capacidade de um edifício apresentar condições ambientais agradáveis aos usuários com menor consumo de energia (LAMBERTS et al, 1997), sendo umas destas condições o conforto térmico, que é, do ponto de vista pessoal, uma condição mental que expressa satisfação com o ambiente térmico. Do ponto de vista físico, o ambiente é termicamente confortável se suas condições permitem a manutenção da temperatura interna sem a necessidade de que o organismo acione os mecanismos termorreguladores (LOPES, 2008).

Segundo a NBR 15220 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2003), a avaliação de uma edificação quanto ao desempenho térmico pode ser feita na fase do projeto, a partir de cálculos que utilizem índices como transmitância, capacidade e atraso térmicos, entre outros, dos materiais que serão empregados nos fechamentos laterais e no sistema de cobertura, e também com o auxílio de programas computacionais; ou então após a obra ser concluída, realizando-se medições e avaliando os dados obtidos.

Com base no que foi exposto, e levantando a hipótese de que ainda não é dada a devida importância ao desempenho térmico das edificações na região onde será feito o estudo, surge o questionamento: as habitações unifamiliares produzidas em Pato Branco têm bom desempenho de conforto térmico?

Não é possível que tal aspecto seja avaliado apenas observando o ambiente a ser estudado, portanto, este trabalho tem por objetivo responder tal questão

fazendo verificações através de cálculos a partir do projeto arquitetônico e dos materiais utilizados para produzir a edificação, e também através de análise de dados obtidos a partir da aplicação de questionário, acompanhadas de uma revisão bibliográfica no tema conforto térmico e projeto de habitação.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar, baseado na NBR 15220 (ASSOCIAÇÃO..., 2003), as condições de desempenho de conforto térmico em habitações unifamiliares na cidade de Pato Branco, Paraná.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Revisão bibliográfica sobre o tema conforto térmico e projetos de habitações;
- Elegger os objetos para estudo;
- Criar instrumentos de coleta e avaliação de dados em conforto térmico nas habitações a serem estudadas, considerando os aspectos:
 - técnico;
 - comportamental;

3 JUSTIFICATIVA

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 a temperatura do ambiente são os que mais consomem energia elétrica. Como o aumento de geração deste tipo de energia tem grande impacto econômico e ambiental, é de grande importância soluções que auxiliem na diminuição do consumo (LAMBERTS et al, 1997).

Apesar da sua importância, ainda há poucos estudos sobre este tema aplicado no sudoeste paranaense. Percebe-se que as edificações presentes na região ainda são projetadas sem que haja uma preocupação em promover um melhor desempenho do conforto térmico.

A realização deste trabalho se deve à disponibilidade de equipamentos e local necessários para a aplicação do questionário.

4 CONFORTO TÉRMICO

Um ambiente no qual o usuário se sente confortável quanto à temperatura possibilita um melhor rendimento tanto em atividades intelectuais como em atividades que exijam força física. Isto acontece devido à menor quantidade de energia que o corpo humano gasta para manter a temperatura dentro dos limites toleráveis, já que o ser humano é um animal homeotérmico (o organismo mantém a temperatura entre 36°C e 37°C, aproximadamente) e, com isto, ter maior disponibilidade de energia para estas tarefas, segundo Frota e Schiffer (2001).

O conforto térmico, definido como a condição mental que expressa satisfação do indivíduo com o ambiente térmico que o circunda (ASHRAE apud MÜLHMANN e ROSSATTO, 2011), depende principalmente de variáveis ambientais (temperatura do ar, temperatura radiante média, velocidade e umidade relativa do ar), do tipo de vestimenta e do esforço físico que o indivíduo está realizando (AKUTSU et al, 1987). A ASHRAE (apud FRANSOZO, 2003) ainda estabelece que um ambiente pode ser considerado confortável quando 80% dos ocupantes manifesta aceitação das condições ambientais.

Para determinação das variáveis ambientais, Lamberts et al, (1997) citam alguns instrumentos de medição que podem ser utilizados, tais como termômetro de globo, termômetro de bulbo seco, o anemômetro de palhetas e o psicrômetro giratório.

O corpo humano produz calor ao contrair os músculos. Este calor é dissipado através de trocas térmicas entre o ambiente e o corpo, sendo estas trocas térmicas secas ou úmidas. As trocas secas, que acontecem por condução, convecção e radiação, recebem a denominação de calor sensível, sendo função das diferenças de temperatura entre o corpo e o ambiente. Lamberts et al (1997) afirmam que a resistência térmica das vestimentas tem grande influência neste tipo de troca térmica. As trocas úmidas, denominadas como calor latente, envolvem mudança de estado de agregação. O suor, que inicialmente se encontra no estado líquido, sofre evaporação, passando então para o estado gasoso. Assim, o organismo perde calor para o ambiente sob duas formas: calor sensível e calor latente (FROTA e SCHIFFER, 2001).

No entanto, estes mecanismos do corpo humano não conseguem acompanhar a extrema variação de temperatura sob a qual estamos expostos. Para

isto, necessitamos de vestimenta adequada e edificações que nos auxiliem na regulação da temperatura corporal, ou seja, um ambiente termicamente confortável.

O conforto térmico é abordado também na Consolidação das Leis Trabalhistas (BRASIL, 1977), onde fica imposto que locais de trabalho devem ter ventilação natural, adequada ao serviço realizado. Caso a ventilação natural não satisfaça as condições de conforto térmico, deve-se empregar ventilação artificial.

Se as condições de ambiente se tornarem desconfortáveis, em virtude de instalações geradoras de frio ou de calor, será obrigatório o uso de vestimenta adequada para o trabalho em tais condições ou de capelas, anteparos, paredes duplas, isolamento térmico e recursos similares, de forma que os empregados fiquem protegidos contra as radiações térmicas. As condições de conforto térmico dos locais de trabalho devem ser mantidas dentro dos limites fixados pelo Ministério do Trabalho. (Lei nº 6.514, de 22.12.1977, seção VIII)

Enfim, observa-se que atingir a sensação térmica confortável depende de diversos fatores. Como as vestimentas do indivíduo podem ser adaptadas mais facilmente à ocasião e as variáveis climáticas não podem ser modificadas, resta focar no projeto da edificação a preocupação de que, após executada, apresente condições ambientais o mais conveniente possível aos usuários.

4.1 BIOCLIMATOLOGIA

A climatologia, que segundo Ayoade (1986) é o ramo da geografia que estuda o clima e o tempo, quando aplicada às relações com seres vivos passa a ser chamada bioclimatologia.

Lamberts (2011) afirma que, em geral, a classificação das escalas do clima se divide em macroclima, mesoclima e microclima.

A condição macroclimática, segundo Camargo et al (2003) “refere-se ao clima regional, determinada por fatores geográficos tais como latitude, altitude, circulação geral da atmosfera, massas de ar,” entre outros. Fatores locais do terreno ou da sua cobertura vegetal não influenciam o macroclima.

O mesoclima e o microclima levam em consideração as alterações locais na radiação solar, temperatura do ar, umidade e vento. O mesoclima pode ser influenciado, por exemplo, por poluição ou corte indiscriminado de vegetação. A edificação e seu entorno imediato influenciam o microclima.

A bioclimatologia aplicada na arquitetura teve início na década de 60 com os irmãos Olgay, que desenvolveram uma carta bioclimática a partir de considerações sobre o conforto térmico humano e propondo soluções arquitetônicas conforme o clima do local a ser edificado.

As cartas bioclimáticas apresentam os diversos parâmetros climáticos que influenciam o conforto do corpo humano, de forma integrada. Esses parâmetros são:

- umidade relativa do ar, que segundo Lamberts et al (1997) ocorre “quando a quantidade de vapor de água no ar é menor do que o máximo possível para aquela temperatura”;
- temperatura de bulbo seco, também chamada de temperatura do ar;
- temperatura de bulbo úmido, que é medida com um termômetro semelhante ao usado para medir a temperatura de bulbo seco, porém o bulbo é envolto em tecido mantido úmido e ventilado por um ventilador ou pelo movimento giratório. Desta maneira, a umidade é considerada na medição (LAMBERTS et al, 1997);
- razão de umidade, definida por Lamberts et al (1997) como o “conteúdo de vapor no ar dado em gramas de vapor de água por kg do ar seco.”

Há ainda outro fator que influencia na composição das cartas bioclimáticas. Segundo Lamberts et al (1997), pessoas que ocupam espaços condicionados tendem a considerar o ambiente confortável termicamente em uma variação menor de temperatura do que pessoas que habitam espaços com ventilação natural.

A partir da Carta de Olgay, foram desenvolvidas outras cartas por outros pesquisadores e, no Brasil, utiliza-se a Carta de Givoni, que se mostra mais adaptada para o clima brasileiro.

4.1.1 Clima do Brasil

O Brasil tem uma vasta área territorial de 8.515.767,049 km², segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2013) e encontra-se situado entre os paralelos de latitudes 05° 16'N e 33° 44'S, e entre os meridianos de longitudes 34°47'W e 73°59'W. Ao norte, atravessa-o a linha do Equador e ao sul o Trópico de Capricórnio. Noventa e três por cento do território brasileiro se localiza no hemisfério sul e 92% acima do Trópico de Capricórnio, fazendo com que se tenham os climas

tropical, que é o predominante, e subtropical. (COELHO 1996 apud FRANZOZO, 2003).

Devido a esta extensão territorial, apenas um clima não é capaz de representar todas as regiões. Uma classificação mais específica do clima brasileiro foi proposta por Kopper e Geiger (Figura 01). Esta classificação leva em conta fatores como relevo, vegetação, regime de chuvas, temperatura, entre outros.



Figura 01 - Mapa de classificação climática de Köppen-Geiger
Fonte: Portal São Francisco, 2013.

A seguir, é apresentada na Tabela 01 a definição de cada índice:

Tabela 01 - Características dos climas presentes no Brasil

(continua)

ÍNDICE	CARACTERÍSTICAS DO CLIMA
Am	região de temperaturas e pluviosidade elevadas. As médias de temperatura são maiores que 22°C em todos os meses e as mínimas no mês mais frio são maiores que 20°C.
Aw	a média de temperatura dos meses mais quentes é maior que 20°C e no mês mais frio do ano as mínimas são menores que 18°C. Ocorrência de chuva no verão e seca no inverno.
Aw'	temperatura sempre superior a 20°C com chuva no verão e outono.
Cwa	médias térmicas entre 19°C e 27°C com verão chuvoso.

Tabela 01 - Características dos climas presentes no Brasil

(conclusão)

ÍNDICE	CARACTERÍSTICAS DO CLIMA
Cfa	temperaturas geralmente entre 17°C e 19°C com chuvas bem distribuídas. Nos meses de inverno há ocorrência de geadas sendo a média de temperatura neste período inferior a 16°C. No mês mais quente as máximas são maiores que 30°C.
Af	temperatura média entre 25°C e 27°C e pluviosidade elevada de 1500 a 2500mm/ano.
As	região com chuva de inverno e outono e temperaturas sempre superiores a 20°C.
BSh	médias térmicas maiores que 25°C com chuvas escassas no inverno.
Cwb	médias de temperatura no inverno e outono inferiores a 18°C, com temperaturas mínimas inferiores a 12°C, ocorrendo geadas. Verão brando e chuvoso com temperatura moderada.
Cfb	as médias de temperatura são inferiores a 20°C, exceto no verão. No inverno, a média é inferior a 14°C, com mínimas inferiores a 8°C. Chuva bem distribuída ao longo do ano. Podem ocorrer geadas, tanto no inverno como no outono.

Fonte: Portal São Francisco, 2013.

A grande diversidade de temperaturas e intensidades das chuvas no Brasil se deve principalmente ao relevo e a latitude do país. Segundo Fransozo (2003), “a maior parte do país tem uma altitude entre 200 e 1000 metros, e há raras localidades com altitude superior a 2000 metros”.

De acordo com a Classificação de Köppen-Geiger, a cidade de Pato Branco se enquadra no clima Cfa, caracterizando uma região de clima subtropical úmido. Segundo a Prefeitura Municipal de Pato Branco (2013), a cidade de Pato Branco tem clima subtropical úmido mesotérmico, com verões quentes, invernos com geadas pouco frequentes, não apresentando estação seca definida. As chuvas, que apresentam uma média de 2109,79mm/ano, segundo Tabalipa e Fiori (2008), sendo outubro o mês mais chuvoso, e agosto o mês com menor índice pluviométrico.

4.2 ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA

O consumo de energia elétrica está cada vez maior, gerando um problema tanto econômico como ambiental, já que são necessários grandes investimentos para aumentar a capacidade de fornecimento e a construção de usinas para obtenção de energia trazem prejuízos ao meio ambiente, como as usinas hidrelétricas ou as usinas nucleares. Devido a isto, percebe-se a importância de

encontrar maneiras de diminuir o consumo de energia. Uma forma de alcançar isto, em conjunto com educações ambientais, de redução de energia ou substituição de equipamentos com baixo uso de energia elétrica, é projetando edifícios que tenham um menor consumo de energia para oferecer um ambiente confortável.

A arquitetura bioclimática, segundo Bogo et. al (1994), surgiu como objetivo de proporcionar ao ambiente construído um alto grau de conforto higrotérmico com baixo consumo de energia, fazendo uso da tecnologia baseada na correta aplicação dos elementos arquitetônicos.

Com isto, a arquitetura, que Vitruvius (apud Lamberts et. al., 1997) havia conceituado como o conjunto de solidez, utilidade e beleza, passe a abranger também a diminuição da necessidade de iluminação, ventilação e climatização artificial, substituição do consumo de energia convencional por energia renovável e a utilização de materiais que minimizem o impacto ambiental.

4.3 CARTA BIOCLIMÁTICA

Com o estudo do clima brasileiro e levando em conta os demais fatores que influenciam no conforto térmico, tendo como exemplo a umidade e a sensação térmica, que diferencia para cada indivíduo, adotou-se uma carta bioclimática elaborada para países em desenvolvimento como sendo compatível com o Brasil, apresentada na Figura 02.

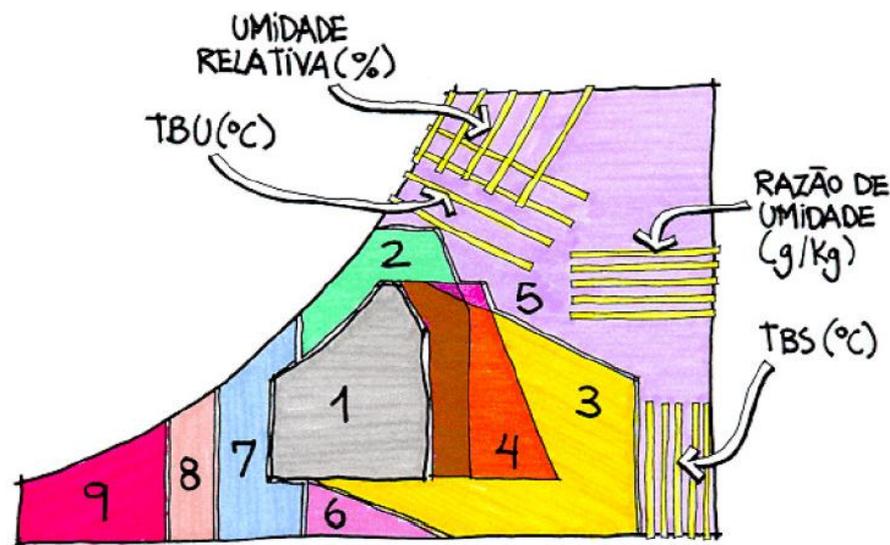


Figura 02 - Carta bioclimática de Givoni, adotada para o Brasil

Fonte: Lamberts et al, 1997.

Para cada área da carta bioclimática, corresponde uma estratégia bioclimática a ser adotada para melhorar o desempenho térmico do edifício:

1. Zona de conforto

Um ambiente que se encontra nestas condições tem possibilidade de promover conforto térmico à maioria dos usuários.

2. Zona de ventilação

A ventilação é indicada para melhorar a sensação térmica em ambientes com temperatura superior aos 29°C ou com umidade relativa maior que 80%. A ventilação cruzada é a solução mais simples para clima quente e úmido, porém trata-se de uma estratégia aplicável até a temperatura de 32°C, pois a temperatura interna vai acompanhar a temperatura externa e, a partir deste limite de temperatura, os ganhos térmicos por convecção serão superiores ao resfriamento promovido pela ventilação. No caso de temperaturas diurnas superiores a 29°C, mas com umidade relativa inferior a 60%, a ventilação deve ser promovida no período noturno a fim de evitar que a umidade relativa fique ainda mais baixa.

Soluções arquitetônicas que promovam a ventilação do ambiente são exemplificadas na Figura 03.

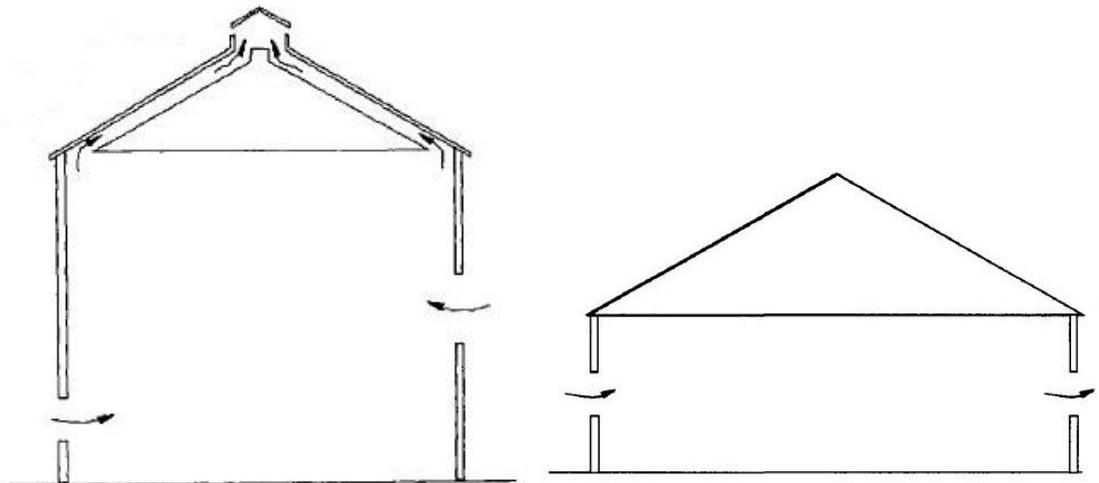


Figura 03 - Telhado para ventilação e ventilação cruzada

Fonte: Adaptado de Gallo, Sala e Sayigh, 1988.

3. Zona de resfriamento evaporativo

Ao evaporar, a água pode reduzir a temperatura do ambiente e também aumentar a umidade relativa. Esta água a ser evaporada pode ser de uma fonte artificial ou mesmo a água contida em plantas, itens estes que também têm função decorativa.

Como esta solução aumenta a umidade relativa do ar, necessita-se também de uma boa ventilação para evitar o acúmulo de vapor de água. Devido a isto, o resfriamento evaporativo é aconselhável quando a temperatura de bulbo úmido não ultrapasse os 24°C e a temperatura de bulbo seco fique abaixo dos 44°C (LAMBERTS et al, 1997).

4. Zona de massa térmica para resfriamento

Para esta estratégia, é utilizada a capacidade dos fechamentos opacos de reter calor e devolvê-lo ao interior do ambiente quando a temperatura do ar for menor que a da superfície deste material. Esta capacidade é denominada inércia térmica. Quanto maior a inércia térmica de um material, menor será a variação de temperatura no interior do ambiente.

Os ambientes de uma edificação construída com fechamentos opacos externos de grande massa térmica demorarão para começar a receber a energia solar absorvida por estes fechamentos, mantendo-se assim em temperatura menor que o exterior por mais tempo.

5. Zona de ar-condicionado

O uso do ar-condicionado será necessário em regiões de clima rigoroso, que ultrapassa os limites de temperatura e umidade relativa do ar onde podem ser aplicados sistemas passivos de condicionamento térmico.

Nesta situação, é indicado que se utilize também as outras soluções citadas anteriormente, a fim de diminuir a dependência do aparelho de condicionamento de ar.

6. Zona de umidificação

O desconforto do usuário também pode ser causado pelo ar muito seco, ou seja, a baixa umidade relativa do ar, situação que geralmente ocorre em ambientes com temperatura inferior aos 27°C, segundo Lamberts et al (1997).

Para solucionar o problema, deve-se recorrer à umidificação, que pode ser feita simplesmente dispondo recipientes com água no ambiente a ser umidificado.

7. Zona de massa térmica para aquecimento

Quando o ambiente se encontra com temperatura entre 14°C e 20°C, uma alternativa para melhorar a sensação térmica do ambiente é utilizar a massa térmica juntamente com o aquecimento solar passivo. Funciona da mesma maneira que a massa térmica para resfriamento, com a diferença de que neste caso as paredes internas devem ter maior massa térmica que os fechamentos externos a fim de que o calor ultrapasse estes fechamentos, chegando ao interior dos ambientes mais facilmente para então ser absorvido pelas paredes internas, sendo liberado quando a temperatura começar a diminuir.

8. Zona de aquecimento solar passivo

Nesta região da carta, situada entre 10,5°C e 14°C, recomenda-se que o edifício receba um isolamento térmico mais rigoroso. As superfícies envidraçadas preferencialmente devem ficar orientadas para o sol e aberturas nas orientações menos favoráveis devem ter as menores dimensões possíveis, além de escolher uma cor adequada para os fechamentos.

9. Zona de aquecimento artificial

Quando a temperatura fica abaixo dos 10,5°C, o aquecimento solar passivo não consegue proporcionar ganhos de calor suficientes para alcançar o conforto térmico. Recomenda-se então o uso de sistemas de aquecimento artificial, porém, para diminuir a sua dependência, é indicado que se utilize também sistemas de aquecimento passivo.

Há ainda zonas na carta bioclimática que são interseções entre duas ou três soluções, que podem ser adotadas separadamente ou em conjunto.

A carta bioclimática desenvolvida para Pato Branco está representada na Figura 04.

Percebe-se que a maioria dos pontos localizam-se nas zonas 1, 2, 7, 8 e 9, ou seja, na maior parte do tempo o ambiente está desconfortável termicamente por oferecer pouco calor, necessitando de aquecimento.

Lobo et al (2004) ressaltam que na cidade Pato Branco há desconforto em 71% do tempo, sendo em 53,2% o desconforto se devido ao frio e em 17,8% do tempo devido ao calor.

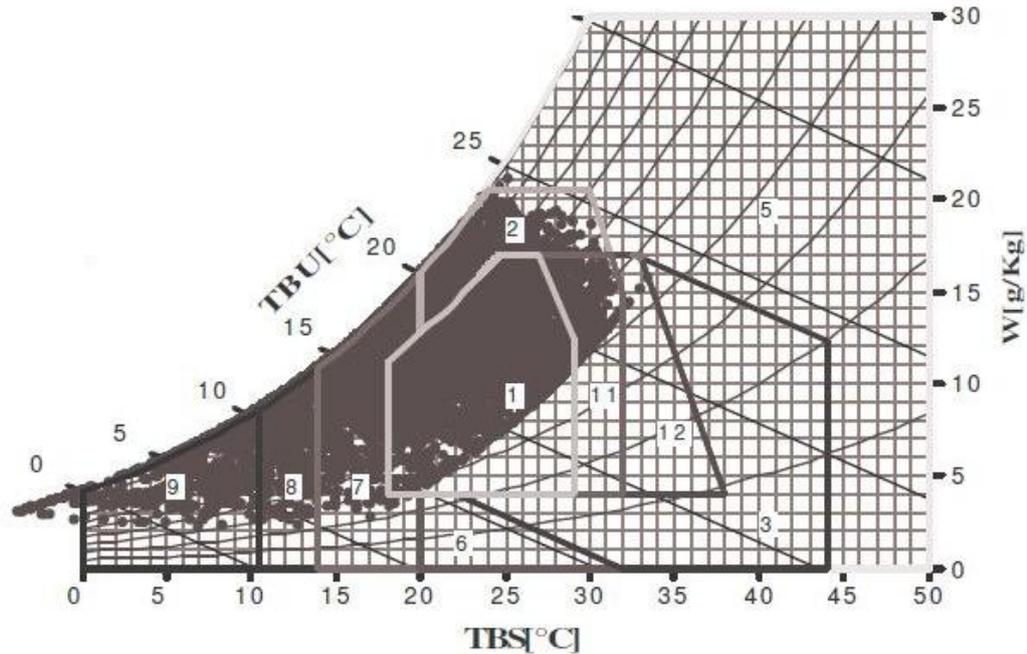


Figura 04 - Carta Bioclimática desenvolvida para Pato Branco

Fonte: Lobo et al, 2004.

As cartas bioclimáticas oferecem uma resposta rápida ao se decidir por qual estratégia adotar ao se projetar uma edificação que proporcione conforto térmico aos usuários. Porém, é necessário analisar uma carta bioclimática que esteja de acordo com o clima onde será executado o empreendimento.

Uma maneira mais detalhada de se analisar as alternativas que irão proporcionar conforto térmico são os cálculos demonstrados na Parte 2 da NBR 15220 (ASSOCIAÇÃO..., 2003) que trata do desempenho térmico de edificações ou então utilizando programas computacionais.

4.4 SENSAÇÃO TÉRMICA

De acordo com Knight (2009), temperatura é uma grandeza física relacionada ao estado de movimento ou à agitação das partículas que constituem os corpos.

A temperatura que os termômetros mostram depende apenas da medição feita no ar. Já a sensação térmica, tecnicamente conhecida como Temperatura Equivalente de Windchill (T_w), é a temperatura que realmente sentimos, tendo seu

valor influenciado principalmente pela velocidade do vento, mas também pela umidade e densidade do ar, entre outros fatores climáticos (INMET, 2013).

Para determinar a sensação térmica pode-se utilizar equação empírica ou tabelas. Ambas consideram apenas os efeitos de temperatura do ar e a velocidade do vento.

A Figura 05 apresenta o quadro para determinação da sensação térmica.

Temp °C	Velocidade do Vento												
	7	11	14	18	22	25	29	32	36	40	43	45	50
-3	-4	-8	-10	-13	-14	-16	-17	-18	-19	-20	-21	-22	-22
-2	-3	-6	-9	-11	-13	-15	-16	-17	-18	-19	-20	-20	-21
-1	-2	-5	-8	-10	-12	-13	-14	-16	-17	-17	-18	-19	-19
0	-1	-4	-7	-9	-10	-12	-13	-14	-15	-16	-17	-17	-18
1	0	-3	-5	-7	-9	-11	-12	-13	-14	-14	-15	-16	-16
2	1	-2	-4	-6	-8	-9	-10	-11	-12	-13	-14	-14	-15
3	2	-1	-3	-5	-6	-8	-9	-10	-11	-11	-12	-13	-13
4	3	0	-2	-4	-5	-6	-8	-8	-9	-10	-11	-11	-12
5	4	1	-1	-2	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-9	-10	-10
6	5	3	1	-1	-3	-4	-5	-6	-6	-7	-8	-8	-9
7	6	4	2	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-6	-7	-7
8	7	5	3	1	0	-1	-2	-3	-3	-4	-5	-5	-5
9	8	6	4	3	1	0	-1	-1	-2	-3	-3	-4	-4
10	9	7	5	4	3	2	1	0	-1	-1	-2	-2	-2
11	10	8	7	5	4	6	2	2	1	0	0	-1	-1
12	11	9	8	6	5	4	4	3	2	2	1	1	1
13	12	10	9	8	7	6	5	4	4	3	3	3	2
14	13	12	10	9	8	7	6	6	5	5	4	4	4
15	15	13	12	11	10	9	9	8	7	7	6	6	6
16	16	14	13	12	11	10	9	9	8	8	7	7	7
17	17	15	14	13	12	11	11	10	10	9	9	9	8
18	18	16	15	14	13	13	12	12	11	11	10	10	10
19	19	17	16	15	15	14	13	13	13	12	12	12	11
20	20	18	17	17	16	15	15	14	14	14	13	13	13

Figura 05 - Quadro para determinação da Sensação Térmica

Fonte: Adaptado de Só Física, 2013.

Para exemplificar, considera-se uma localidade onde a temperatura do ar é de 15°C e a velocidade do vento é de 11km/h. Logo, a sensação térmica dos indivíduos que se encontram em tal local é de 13°C.

Percebe-se que, quando se trata de conforto térmico de habitações, a sensação térmica é um dado mais relevante do que simplesmente a temperatura do ar.

4.5 APLICAÇÃO DA NBR 15220:2003 NO LOCAL DE PESQUISA

A NBR 15220 (ASSOCIAÇÃO..., 2003) apresenta o zoneamento bioclimático brasileiro juntamente com recomendações e estratégias construtivas, sem caráter normativo, para que habitações unifamiliares de interesse social de até três pavimentos tenham uma melhor adequação climática conforme a região onde se encontram.

O zoneamento bioclimático brasileiro é composto por oito diferentes zonas, conforme indica a Figura 06.

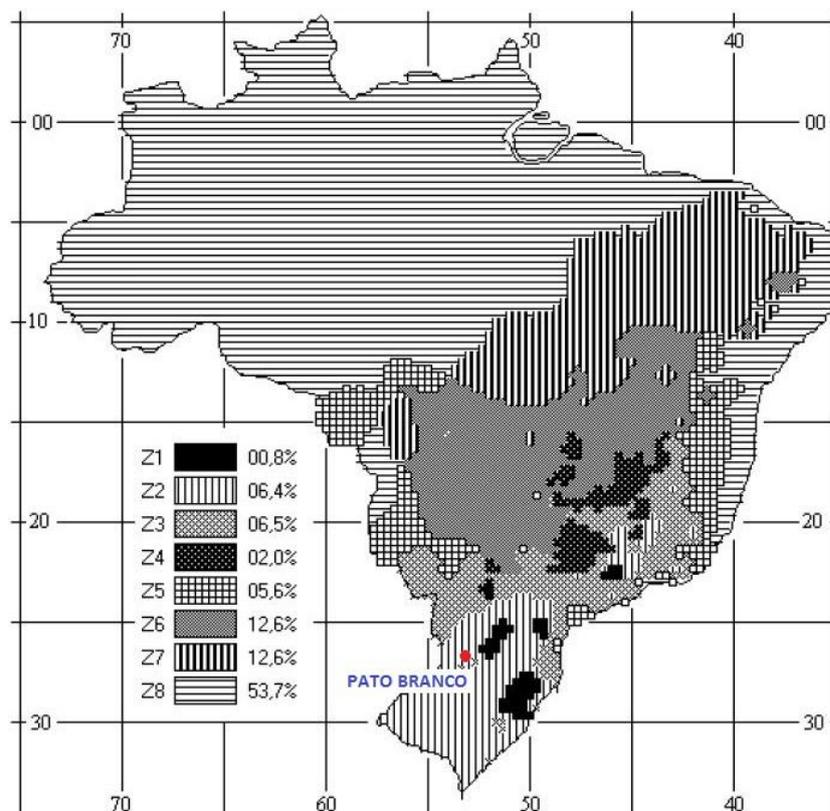


Figura 06 - Zoneamento bioclimático brasileiro
Fonte: Adaptado de Associação..., 2003.

Conforme é mostrado na Figura 06, a cidade de Pato Branco encontra-se na zona bioclimática 2. Para regiões que se enquadram nesta zona bioclimática, a Norma recomenda que as aberturas que promovam a ventilação tenham dimensões

médias, durante o inverno deve-se promover a incidência de raios solares nas aberturas e, se tratando de vedações externas, as paredes devem ser leves e a cobertura deve ser leve e isolada, já as vedações internas devem ser pesadas, apresentando assim maior inércia térmica. No período de verão, indica-se como estratégia para condicionamento térmico simplesmente a ventilação cruzada.

Ainda nesta Norma, são apresentados os valores de transmitância térmica, capacidade térmica e atraso térmico de alguns tipos de paredes e coberturas. Estas propriedades têm grande influência no desempenho térmico da edificação e podem ser definidas como:

- transmitância térmica é o fluxo de calor que atravessa a parede ou vidro da edificação, medida em $W/(m^2.K)$;
- capacidade térmica é a quantidade de calor necessária para variar em uma unidade a temperatura de um sistema, sendo sua unidade de medida J/K ;
- atraso térmico é definido como o “tempo transcorrido entre uma variação térmica em um meio e sua manifestação na superfície oposta de um componente construtivo submetido a um regime periódico de transmissão de calor”, medido em horas (ASSOCIAÇÃO..., 2003).

4.6 CONFORTO TÉRMICO NA NBR 15575

A NBR 15575 (ASSOCIAÇÃO..., 2007), que tratava do desempenho de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos e na sua nova versão de 19 de julho de 2013 passa a valer para todos os novos edifícios residenciais, estabelece normas de desempenho que visam atender a exigência dos usuários, independente do sistema construtivo adotado e dos materiais utilizados.

Todas as disposições contidas nesta Norma são aplicáveis aos sistemas que compõem edifícios habitacionais de até cinco pavimentos, projetados, construídos, operados e submetidos a intervenções de manutenção que atendam às instruções específicas do respectivo manual de operação, uso e manutenção. (ASSOCIAÇÃO..., 2007, p. 9).

Esta Norma aborda inclusive o desempenho térmico de habitações. Nela, fica determinado que, no verão, o interior da edificação deve apresentar condições térmicas iguais ou melhores às do ambiente externo, à sombra.

A temperatura diária máxima em ambientes de permanência prolongada, tais como salas e dormitórios que não apresentem fontes internas de calor (pessoas, lâmpadas, entre outros) deve ser menor ou igual ao valor máximo diário da temperatura no exterior do edifício.

A avaliação do desempenho térmico da edificação no período de verão pode ser feita com simulação computacional ou medição in loco, com os procedimentos especificados.

No período de inverno, as condições térmicas apresentadas no interior do edifício habitacional devem ser melhores que do ambiente externo, no dia típico de inverno. Nos recintos de permanência prolongada, como salas e dormitórios, os valores de temperatura diária mínima devem ser maiores ou iguais à temperatura mínima externa acrescida de 3°C, ou seja:

$$T_{i,min} \geq T_{e,min} + 3 \quad (01)$$

onde:

- $T_{i,min}$ é o valor mínimo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus centígrados;
- $T_{e,min}$ é o valor mínimo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus centígrados.

A Norma apresenta três procedimentos para avaliar o desempenho térmico do edifício. O procedimento simplificado trata-se da verificação do atendimento aos requisitos estabelecidos para fachadas, sistema de coberturas e sistemas de vedação. O procedimento de simulação verifica o atendimento aos requisitos e critérios estabelecidos por meio de simulação computacional do desempenho térmico da edificação. O procedimento de medição verifica o desempenho térmico da edificação por meio da realização de medições na própria edificação ou em protótipos construídos. Caso os requisitos desta Norma não sejam atendidos quando verificados pelo procedimento simplificado, que depende do comportamento interativo da fachada, cobertura e piso, é permitido realizar a avaliação com os outros métodos.

5 HABITAÇÃO SOCIAL

As habitações surgiram com a função de abrigo. Após construir as primeiras habitações, o ser humano passou a aperfeiçoá-la, utilizando os materiais que se encontravam disponíveis, tornando-a cada vez mais elaborada. Mesmo com toda a evolução ocorrida desde então, as habitações continuam tendo a mesma função de seus primórdios: proteger os habitantes das intempéries e intrusos (ABIKO, 1995). Ao se utilizar novos materiais para a execução das habitações e conforme o clima no qual está inserida a habitação, serão criadas novas condições do ambiente interno, impactando na sensação térmica.

Abiko (1995) ainda afirma que “o conceito de habitação não se restringe apenas à unidade habitacional mas necessariamente deve ser considerado de forma mais abrangente envolvendo também o seu entorno”. Ou seja, considera-se que o ambiente em que está presente a habitação também faz parte da mesma, interagindo entre si.

As habitações têm como principais componentes os sistemas de fechamento vertical e horizontal. Fransozo (2003) afirma que são denominados fechamentos verticais as paredes externas e as divisórias internas entre ambientes, já os sistemas de fechamento horizontal são constituídos por pisos, lajes, forros e telhado. Os elementos da edificação que separam o ambiente interno do externo são o telhado e paredes externas, os quais têm função de proteção e também função estética, além de interferir no desempenho térmico da habitação.

5.1 FECHAMENTOS VERTICAIS OPACOS

Os fechamentos verticais opacos, ou seja, as paredes, estão diretamente relacionados ao aspecto da habitação e ao conforto térmico. Em razão a esta relevância, é importante que seja dada a devida atenção ao escolher de que material será construído o fechamento.

Os blocos cerâmicos, que são o tipo mais utilizado de sistema de vedação vertical no sistema construtivo brasileiro na atualidade, devem apresentar algumas características regulamentadas por normas brasileiras específicas, tais como a resistência à compressão, forma regular com dimensões constantes e faces paralelas, ausência de trinca, cavidades, baixa capacidade de absorção, entre

outros. Podem ser classificados como elementos estruturais ou elementos de fechamento.

Na Figura 07 são mostrados alguns formatos de blocos utilizados para a construção de fechamentos verticais opacos.

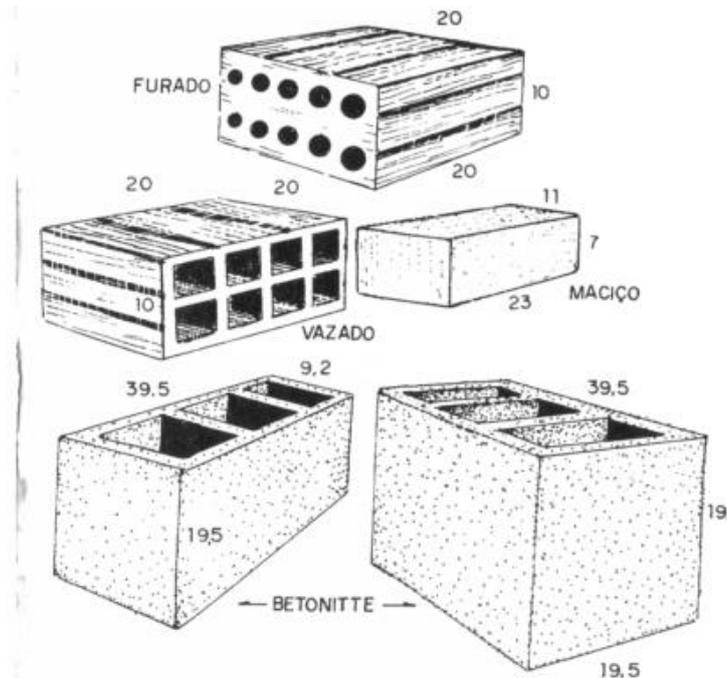


Figura 07 - Diferentes tipos de blocos
Fonte: Fazer Fácil, 2013.

Nos fechamentos opacos, não há transmissão de calor através de radiação solar, e esta ocorre devido à diferença de temperatura entre as superfícies interna e externa (LAMBERTS et. al., 1997). Supondo que a temperatura no exterior da edificação seja maior que a temperatura no interior, primeiramente haverá um incremento de temperatura da superfície externa do fechamento. Em seguida, ocorre uma troca de calor por condução no interior do fechamento. A fase final do processo é a troca de calor da superfície interna do fechamento com o interior da edificação.

5.2 COBERTURA

Segundo Cardão (1979 apud Fransozo, 2003), as coberturas das edificações têm a função de, além de proporcionar proteção contra intempéries, prover isolamento térmico visando o conforto dentro da edificação e também têm função estética. Na atualidade, as telhas para coberturas são fabricadas principalmente com

material cerâmico, concreto, fibrocimento, vidro, sendo que para cada um destes materiais se exige uma declividade mínima, para que a água pluvial escoe corretamente, e uma declividade máxima, para não haver risco de que as telhas não se desprendam da estrutura de cobertura.

As coberturas também refletem o clima do local. Segundo Montenegro (1984), em regiões onde cai bastante neve, os telhados são bem inclinados para que a neve não fique depositada sobre este, gerando um sobrepeso.

Os tetos, também denominados como forro, fazem parte do sistema de cobertura e, segundo Fransozo (2003), têm como função:

[...] proporcionar uma feição agradável e um melhor acabamento à parte inferior das estruturas dos entrespos quando se trata de edifícios de múltiplos andares. No caso de habitações menores, os tetos e as lajes além de melhorar a feição e o acabamento à parte inferior das estruturas dos telhados, constituem uma barreira que obstrui o fluxo térmico originado pela radiação emitida pelas telhas da cobertura da edificação, de modo a proteger os seus usuários e também o interior das habitações contra respingos de chuva, da poeira e de insetos. (FRANSOZO, 2003, p. 41)

De modo geral, o teto é a parte vista de dentro do ambiente e se situa no ponto de maior cota do pé direito da habitação. Podem ser feitos de madeira, PVC, gesso, concreto armado, entre outros.

Em algumas habitações, o sistema de cobertura é composto por materiais opacos e também por material transparente, por exemplo telhas de vidro. Esta medida é adotada para obter uma luminosidade maior no ambiente. O uso deste tipo de material confere um maior ganho térmico já que materiais transparentes permitem a transferência de calor não apenas por convecção e condução como também por radiação. Porém, na maioria das habitações, o sistema de cobertura é composto apenas por material opaco e, com isto, ocorrem trocas térmicas somente por condução e convecção, como no caso dos fechamentos verticais opacos.

Neste trabalho serão analisadas habitações com cobertura em telha cerâmica ou fibrocimento e forro em madeira.

5.3 FECHAMENTOS TRANSPARENTES

São considerados fechamentos transparentes as janelas, claraboias e qualquer outro elemento construtivo transparente, tendo função de iluminação e também de ventilação, no caso de janelas. Estes fechamentos são os principais

responsáveis pelas trocas térmicas da edificação, pois permitem além das trocas térmicas por condução e convecção, como nos fechamentos opacos, também trocas térmicas por radiação

Segundo Lamberts et al. (1997), as variáveis arquitetônicas responsáveis por alterar a contribuição de ganhos térmicos pelos fechamentos transparentes são a orientação e tamanho da abertura, o tipo de vidro empregado e o uso de proteções solares tanto internas como externas.

As dimensões da abertura determinam a quantidade de calor transmitido e a orientação influencia na exposição das aberturas à radiação solar. No hemisfério sul, fachadas orientadas para o norte recebem luz solar durante todo o ano, já fachadas orientadas para o sul recebem radiação solar no verão, outono e primavera apenas no início e fim do dia.

Sobre os vidros, Lamberts et al (1997) afirmam que existem diversos tipos de vidro, tais como vidro simples (transparente), vidro verde, películas e vidros absorventes (fumês), películas e vidros reflexivos e também plásticos. Cada um destes apresenta capacidade distinta em refletir, absorver ou transmitir a radiação solar, que varia de acordo com as características do material, do comprimento de onda da radiação e do ângulo de incidência.

As proteções solares utilizadas em aberturas têm como uma de suas funções reduzir os ganhos térmicos. As cortinas e persianas são proteções internas e basta abri-las ou fechá-las conforme a necessidade, o que confere flexibilidade ao usuário, porém apresentam menor capacidade de reduzir os ganhos térmicos. As proteções externas, segundo Lamberts et. al. (1997) bloqueiam a radiação direta antes que ela atravesse o vidro, evitando assim o efeito estufa e, conseqüentemente, sendo mais eficazes em evitar ganhos térmicos.

6 MÉTODO DE TRABALHO

Neste capítulo será apresentada a metodologia de trabalho, que compreende o método de pesquisa, os instrumentos de coleta de dados e análise, bem como os materiais e o fluxograma de desenvolvimento.

6.1 MÉTODO DE PESQUISA

O presente trabalho tem uma abordagem qualitativa, que segundo Erickson apud Lima (2001) se deve à descrição dos incidentes-chaves relevantes colocando-os numa determinada relação com o contexto social, empregando tal incidente como um exemplo concreto do funcionamento de princípios abstratos. Também se trata de uma pesquisa quantitativa devido à, segundo Lima (2001), sua finalidade específica, estabelecendo cada passo do seu desenvolvimento, apresentando resultados com a possibilidade de serem verificados. Ou seja, foram coletados dados a partir de questionário e após isto, foi realizada a análise das informações obtidas.

Para a elaboração da pesquisa, foram realizadas as seguintes etapas:

- I. Pesquisa exploratória nos temas da habitação, sua importância, o conceito de abrigo e o conforto como aspecto essencial da habitação, o conceito de conforto térmico e seus aspectos correlatos, como o clima e sua influência no homem (bioclimatologia) e, também, os aspectos construtivos relacionados ao conforto térmico (sistemas do 'envelope' da edificação: vedações, aberturas e cobertura).
- II. Definição dos objetos de estudo, que se tratam de habitações unifamiliares projetadas e construídas em Pato Branco, das quais se conheçam as especificações de materiais dos sistemas de fechamento, para que se apliquem os critérios da Norma de conforto térmico.
- III. Coleta de dados necessários para a avaliação das edificações em relação à Norma de Desempenho Térmico.
- IV. Análise dos dados obtidos e proposição de medidas de melhoria para os casos estudados e futuros.

Estas etapas podem ser visualizadas no fluxograma da Figura 08 a seguir.

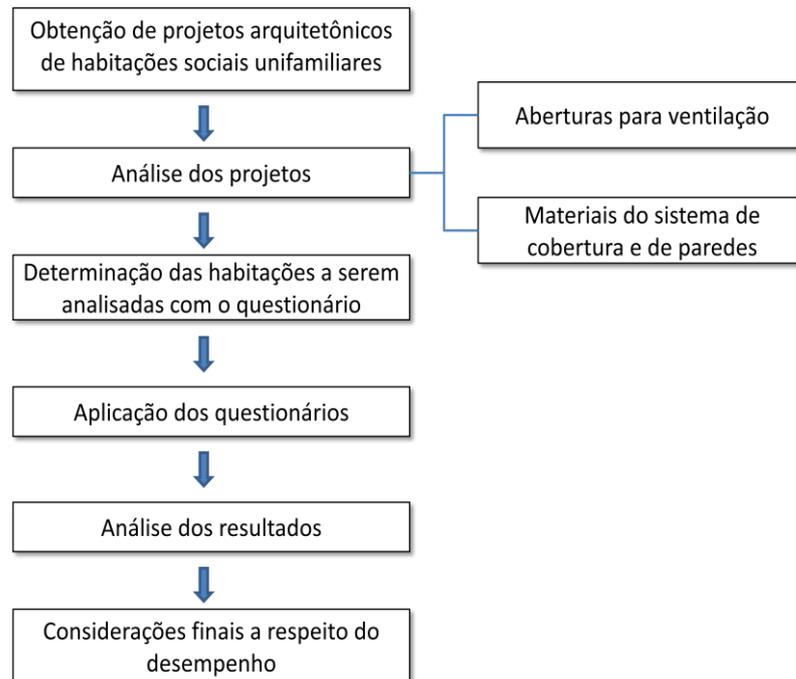


Figura 08 - Fluxograma das etapas realizadas
Fonte: Autoria própria, 2013.

6.2 CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO

Para a realização do trabalho, foram analisados conjuntos habitacionais localizados em diversos bairros da cidade de Pato Branco – PR. Esta delimitação foi adotada levando em conta algumas considerações. Em primeiro lugar, a existência de conjuntos habitacionais de diversas épocas de implantação, anteriores ou atuais, em que a vigência da norma de desempenho térmico se faz valer. Em segundo lugar, buscou-se a diversidade de padrões construtivos para vedações e coberturas, tendo-se casos com vedações de concreto e de alvenaria cerâmica e coberturas de telhas de fibrocimento e de cerâmica.

No Bairro Fraron, foram analisadas cinco residências cujo sistema de fechamento vertical é em concreto armado. A Figura 09 mostra a localização das residências consideradas no estudo.



Figura 09 - Residências estudadas no Bairro Fraron
Fonte: Adaptado de Google Maps, 2013.

O Conjunto Habitacional Santa Fé, mostrado na Figura 10, está situado no Bairro Jardim Floresta, com 52 habitações de 33,64m² edificadas em meados de 2009.

O questionário foi aplicado em quatorze residências situadas na Rua Celeste Mocelin, sendo que algumas podem ser visualizadas na Figura 11, e em três residências na Rua Marília. Percebe-se que nem todas as residências estudadas apresentam a mesma orientação, recebendo a radiação solar de maneira diferenciada e este fato influencia nos ganhos térmicos, fazendo com que as residências apresentem desempenho térmico desigual.

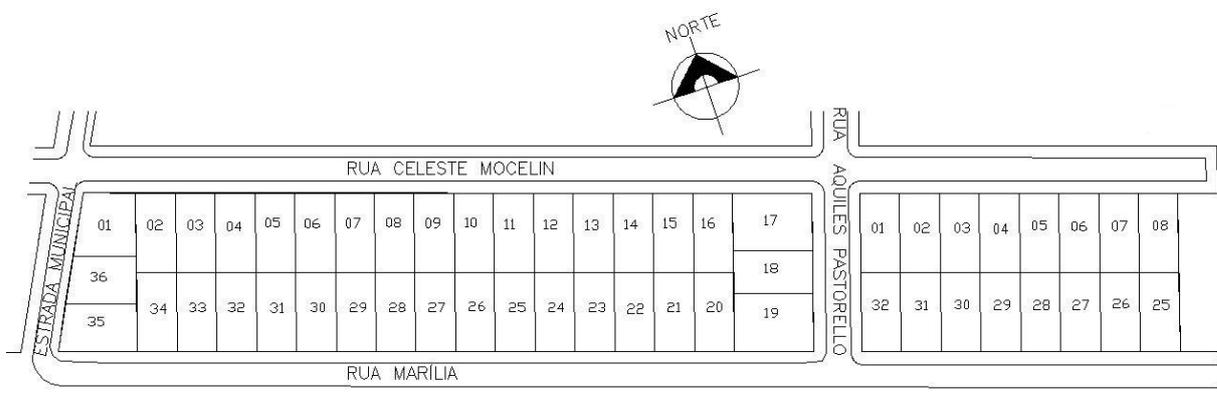


Figura 10 - Conjunto Habitacional Santa Fé
Fonte: Adaptado de Prefeitura Municipal de Pato Branco, 2007.



Figura 11 - Algumas habitações do Conjunto Habitacional Santa Fé
Fonte: Autoria própria, 2013.

Com residências construídas em meados de 2009, o Conjunto Habitacional Nossa Terra (Figura 12) está situado no Bairro Novo Horizonte. O projeto arquitetônico das habitações edificadas neste conjunto habitacional é da mesma tipologia do projeto arquitetônico das habitações do Conjunto Habitacional Santa Fé, com 33,64m².

Neste conjunto habitacional, foram entrevistados oito moradores da Rua Octávio José Fernandes e dez da Rua Santa Luzia, sendo todas as habitações com fachada nordeste. Algumas destas são mostradas na Figura 13.



Figura 12 - Conjunto Habitacional Nossa Terra
Fonte: Adaptado de Prefeitura Municipal de Pato Branco, 2006.



Figura 13 - Algumas residências do Conjunto Habitacional Nossa Terra
Fonte: Autoria Própria, 2013.

No conjunto habitacional Rio Chapecó, localizado no Bairro Alto da Glória (Figura 14), foram construídas 47 residências de 30m², todas com o mesmo projeto arquitetônico, e também 30 residências de 40m², de diversos modelos.



Figura 14 - Conjunto Habitacional Rio Chapecó

Fonte: Larcher, 2005.

No Bairro Planalto, o questionário foi aplicado em 18 habitações, de diversos projetos arquitetônicos e orientações solares.

A Figura 15 mostra a localização de cada conjunto habitacional estudado.



Figura 15 - Localização dos conjuntos habitacionais

Fonte: Adaptado de Google Mapas, 2013.

6.3 MATERIAIS UTILIZADOS

Para a coleta dos dados necessários analisou-se projetos arquitetônicos das habitações, apresentados nos Anexos A e B, e aplicou-se o questionário mostrado no Apêndice A.

A análise dos projetos tem por finalidade categorizar as habitações quanto ao desempenho previsto pela NBR 15220:2003, tendo em vista os materiais constituintes e a conformação de cada subsistema construtivo. Para exemplificar, há um desempenho previsto para habitações de fechamentos em alvenaria de blocos cerâmicos que é diferente do desempenho previsto para uma habitação com fechamentos em concreto armado monolítico. Da mesma forma, o tipo de cobertura

de cada projeto faz esperar um desempenho distinto para cada tipo de projeto, assim como em relação às características de aberturas e aspectos de sombreamento das habitações.

O conjunto destes aspectos construtivos ou projetuais faz supor um desempenho térmico esperado, conforme a norma prescreve.

O questionário tem por finalidade a verificação do desempenho previsto, através da percepção dos próprios moradores sobre o desempenho térmico de suas habitações, permitindo a validação dos requisitos da norma e, assim, dos objetivos deste trabalho.

Com estes objetivos, foi desenvolvida a etapa seguinte do trabalho, materializada no capítulo seguinte, com a apresentação de resultados.

7 RESULTADOS

Neste capítulo, serão apresentados a análise dos materiais utilizados e das dimensões das aberturas quanto às exigências da NBR 15220/2003, e ainda os resultados coletados em campo.

7.1 ANÁLISE DOS MATERIAIS

Para habitações edificadas em Pato Branco, que pertence à zona bioclimática 2, a NBR 15220 (ASSOCIAÇÃO..., 2003) recomenda que as vedações externas sejam paredes leves e cobertura leve isolada. A Tabela 02 especifica os valores limites de transmitância térmica, atraso térmico e fator de calor solar para que as vedações externas se enquadrem nestas categorias.

Tabela 02 - 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 de calor solar FS _O (%)
Parede leve	U ≤ 3,00	φ ≤ 4,3	FS _O ≤ 5,0
Cobertura leve isolada	U ≤ 2,00	φ ≤ 3,3	FS _O ≤ 6,5

Fonte: Adaptado de Associação..., 2003.

Para a classificação destas vedações, foram comparados tais valores com a transmitância térmica, atraso térmico e fator de calor solar dos materiais especificados para a execução das vedações externas, de acordo com os projetos.

O fator de calor solar foi determinado com a expressão:

$$Fs = 4 * U * \alpha \quad (02)$$

sendo que:

- α é a absorvância térmica e vale:
 - $\alpha=0,30$ para paredes com pintura na cor amarela (esta cor foi escolhida pelo fato de a maioria das residências apresentou coloração semelhante a esta);
 - para telha cerâmica, $\alpha=0,75$;
 - para cobertura em fibrocimento, $\alpha=0,75$;

- U é a transmitância térmica.

As habitações edificadas nos conjuntos habitacionais Nossa Terra e Santa Fé têm paredes de bloco cerâmico de 6 furos com espessura de 13 cm, porém, como a Norma apresenta valores para alvenaria de blocos cerâmicos com furos a partir de 14 cm de espessura, foram adotados os valores desta. O sistema de cobertura foi executado em fibrocimento com espessura 0,7 cm e forro de madeira com espessura de 1,0 cm. Para estes materiais, são apresentados os valores de transmitância térmica, atraso térmico e fator de calor solar na Tabela 03.

Tabela 03 - Propriedades térmicas das vedações externas de habitações construídas nos conjuntos habitacionais Nossa Terra e Santa Fé

Vedações externas	Transmitância térmica U (W/m ² .K)	Atraso térmico φ(horas)	Fator de calor solar FS _o (%)
Parede	2,48	3,3	2,98
Cobertura	2,00	1,3	6,00

Fonte: Adaptado de Associação..., 2003.

Comparando estes valores com os dados da Tabela 02, conclui-se que as paredes externas são leves e a cobertura é leve isolada, estando de acordo com o que está especificado para a zona bioclimática 2.

No Conjunto Habitacional Rio Chapecó, as residências possuem paredes de bloco cerâmico de 6 furos com espessura de 10 cm (sendo que os valores adotados para comparação foram de alvenaria de bloco cerâmico de 14cm de espessura) e sistema de cobertura em telha cerâmica com espessura de 1,0 cm e forro de madeira com espessura também de 1,0 cm. As propriedades térmicas de tais vedações são apresentadas na Tabela 04.

Tabela 04 - Propriedades térmicas das vedações externas de habitações construídas no Conjunto Habitacionais Rio Chapecó

Vedações externas	Transmitância térmica U (W/m ² .K)	Atraso térmico φ(horas)	Fator de calor solar FS _o (%)
Parede	2,48	3,3	2,98
Cobertura	2,00	1,3	6,00

Fonte: Adaptado de Associação..., 2003.

Como estas vedações apresentam os mesmos valores para as propriedades térmicas analisadas, elas também se enquadram na especificação.

As habitações estudadas no Bairro Fraron, com paredes de concreto armado maciço, tiveram o valor adotado de 10 cm para a espessura, pois o projeto arquitetônico não foi disponibilizado. O sistema de cobertura foi executado com telha cerâmica de 1,0cm de espessura e forro em madeira também com 1,0 cm de espessura, apresenta as seguintes propriedades térmicas (Tabela 05).

Tabela 05 - Propriedades térmicas das vedações externas de habitações com paredes de concreto

Vedações externas	Transmitância térmica U (W/m ² .K)	Atraso térmico φ(horas)	Fator de calor solar FS _o (%)
Parede	4,40	2,7	5,28
Cobertura	2,00	1,3	6,00

Fonte: Adaptado de Associação..., 2003.

Comparando estes dados com os valores da Tabela 02, conclui-se que este tipo de parede não atende à especificação, pois os valores de transmitância térmica e fator de calor solar ultrapassam o limite estabelecido.

Para as habitações estudadas no Bairro Planalto, as quais também não tiveram os projetos disponibilizados, foi admitido que têm paredes de bloco cerâmico de 6 furos com espessura final de 14 cm e o sistema de cobertura varia entre:

- cobertura em fibrocimento de 0,7 cm de espessura e forro de madeira com 1,0 cm de espessura;
- cobertura em telha cerâmica de 1,0 cm de espessura e forro em madeira também com 1,0 cm de espessura.

As propriedades térmicas para estes materiais já foram citadas e analisadas anteriormente, concluindo-se que estas habitações estão de acordo com o estabelecido na Norma.

Observa-se, portanto, que apenas as habitações com paredes em concreto não satisfazem este requisito da Norma, já que este tipo de vedação ultrapassa os valores de transmitância térmica e fator de calor solar especificados para a zona bioclimática 2.

7.2 ANÁLISE DE DIMENSÕES DE ABERTURAS

A NBR 15220 (ASSOCIAÇÃO..., 2003) recomenda que, para a zona bioclimática 2, a qual a cidade de Pato Branco se enquadra, as aberturas da residência sejam médias. Esta classificação é determinada conforme a porcentagem da área da abertura em relação à área do piso (Tabela 06).

Tabela 06 - Aberturas para ventilação

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

Fonte: Associação..., 2003.

A seguir, são apresentadas as classificações de aberturas para ventilação de sala e quartos dos diversos conjuntos habitacionais estudados. Primeiramente, na Tabela 07, são classificadas as aberturas para ventilação das residências edificadas nos conjuntos habitacionais Nossa Terra e Santa Fé.

Tabela 07 - Classificação de aberturas para ventilação das residências edificadas nos conjuntos habitacionais Nossa Terra e Santa Fé

Cômodo	A (em % da área do piso)	Classificação
Sala	24,7	Abertura média
Quarto 1	21,0	Abertura média
Quarto 2	21,7	Abertura média

Fonte: Autoria própria, 2013.

Para o Conjunto Habitacional Rio Chapecó, a Tabela 08 a seguir reúne habitações com área de 30m² e também de 40m². As habitações identificadas como 40-A possuem a mesma planta baixa, porém há dois modelos de cobertura. O mesmo vale para residências identificadas como 40-B, 40-C, 40-D e 40-E.

Tabela 08 - Classificação de aberturas para ventilação de residências edificadas no Conjunto Habitacional Rio Chapecó

Cômodo	A (em % da área do piso)	Classificação
Sala (30)	11,8	Abertura pequena
Quarto (30)	14,2	Abertura pequena
Sala (40-A)	17,9	Abertura média
Quarto 1 (40-A)	18,9	Abertura média
Quarto 2 (40-A)	18,4	Abertura média
Sala (40-B)	23,6	Abertura média
Quarto 1 (40-B)	17,9	Abertura média
Quarto 2 (40-B)	20,0	Abertura média
Sala (40-C)	28,2	Abertura entre média e grande
Quarto 1 (40-C)	19,4	Abertura média
Quarto 2 (40-C)	18,6	Abertura média
Sala (40-D)	26,2	Abertura entre média e grande
Quarto 1 (40-D)	20,2	Abertura média
Quarto 2 (40-D)	17,3	Abertura média
Sala (40-E)	18,9	Abertura média
Quarto 1 (40-E)	20,4	Abertura média
Quarto 2 (40-E)	17,1	Abertura média

Fonte: A autoria própria, 2013.

Observa-se que as habitações de 30m² possuem aberturas menores do que o necessário e as salas dos projetos 40-C e 40-D são maiores do que o especificado. Portanto, dentre os projetos analisados, três entre sete projetos não satisfazem o requisito da Norma em relação às dimensões de aberturas.

Os projetos das habitações estudadas nos bairros Fraron e Planalto não foram disponibilizados, então a análise deste aspecto não pode ser realizada.

7.3 RESULTADOS COLETADOS EM CAMPO

A seguir, serão apresentados os dados coletados com a aplicação do questionário exposto no Apêndice A.

O desempenho do conforto térmico apresentado nos gráficos a seguir é a média entre as notas de conforto térmico nos períodos de verão e inverno obtidas com a aplicação do questionário, sendo que as notas significam:

- 5 - a habitação é muito confortável naquele período do ano;

- 4 - a habitação é confortável;
- 3 - o usuário é indiferente ao assunto;
- 2 - a habitação é desconfortável;
- 1 - a habitação é muito desconfortável.

Para a determinação do desempenho dos aspectos construtivos, foi calculada a média entre as notas das questões que tratam das aberturas e do sistema de cobertura do questionário, presente no Apêndice A, sendo que as notas têm as seguintes definições:

- 5 – o morador concorda totalmente que sua residência apresenta a característica;
- 4 – o morador concorda em partes;
- 3 – o morador é indiferente ao assunto;
- 2 – o morador discorda em partes que a habitação tem aquela característica;
- 1 – o morador discorda totalmente sobre a presença da característica em questão na sua residência.

A seguir, na Tabela 09 e no Gráfico 16, são apresentados os dados obtidos nas residências edificadas no Bairro Fraron, as quais têm como elemento de vedação vertical paredes executadas em concreto.

Tabela 09 - Desempenho de residências com paredes em concreto

Residência	Orientação da Fachada	Conforto Verão	Conforto Inverno
1	Sul	4	2
2	Oeste	2	2
3	Sul	4	1
4	Sul	3	1
5	Leste	1	4

Fonte: Autoria própria, 2013.

Percebe-se que as residências com fachada orientada para a direção sul apresentam maior conforto térmico no período de verão, porém são desconfortáveis no inverno. Outro fato observado é que todas as habitações apresentam maior desempenho dos aspectos construtivos do que o desempenho do conforto térmico, ou seja, a residência é bem vedada, as aberturas permitem ventilação adequada no verão e ganhos térmicos no inverno, mas isto não foi suficiente para oferecer um desempenho térmico adequado.

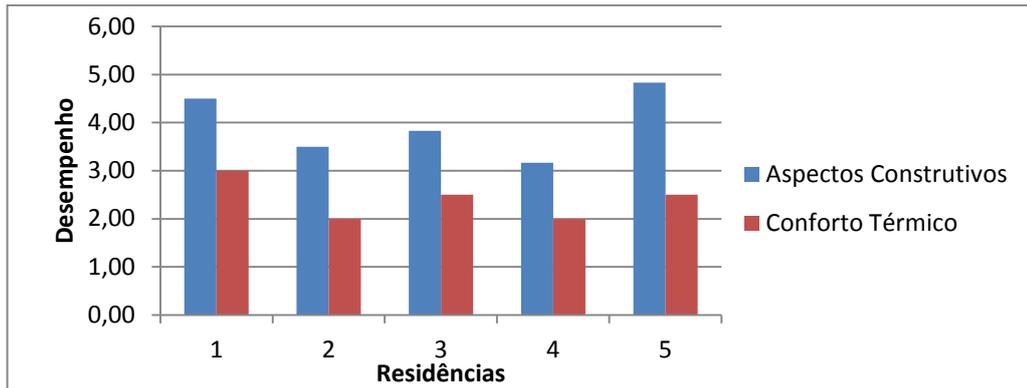


Gráfico 16 - Desempenho de residências do Bairro Fraron

Fonte: Aatoria própria, 2013.

A seguir, no Gráfico 17, é apresentado o desempenho dos aspectos construtivos e também o desempenho do conforto térmico das habitações estudadas no conjunto habitacional Nossa Terra. Todas apresentam orientação da fachada para o nordeste.

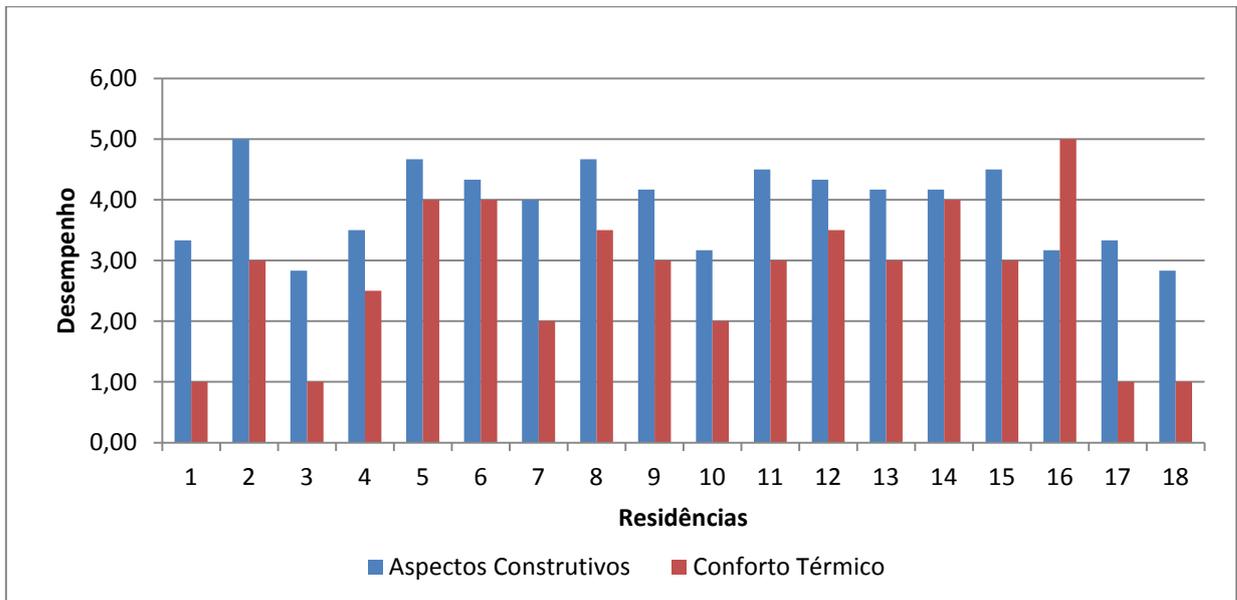


Gráfico 17 – Desempenho de residências do Conjunto Habitacional Nossa Terra

Fonte: Aatoria própria, 2013.

Apenas uma habitação recebeu nota maior para o desempenho do conforto térmico do que para o desempenho dos aspectos construtivos. Para as demais habitações, ocorreu o mesmo fato que nas habitações com paredes de concreto: os ganhos térmicos e aberturas e cobertura bem vedadas não são suficientes para

melhorar o conforto térmico no inverno e a ventilação através de janelas não resolve a questão do aquecimento dentro da residência no período de verão.

No Conjunto Habitacional Santa Fé, foram analisadas quatorze residências com a fachada orientada para a direção nordeste, numeradas de 1 a 14, e três com a fachada orientada para o sudoeste, numeradas de 15 a 17. O Gráfico 18 apresenta o desempenho destas residências.

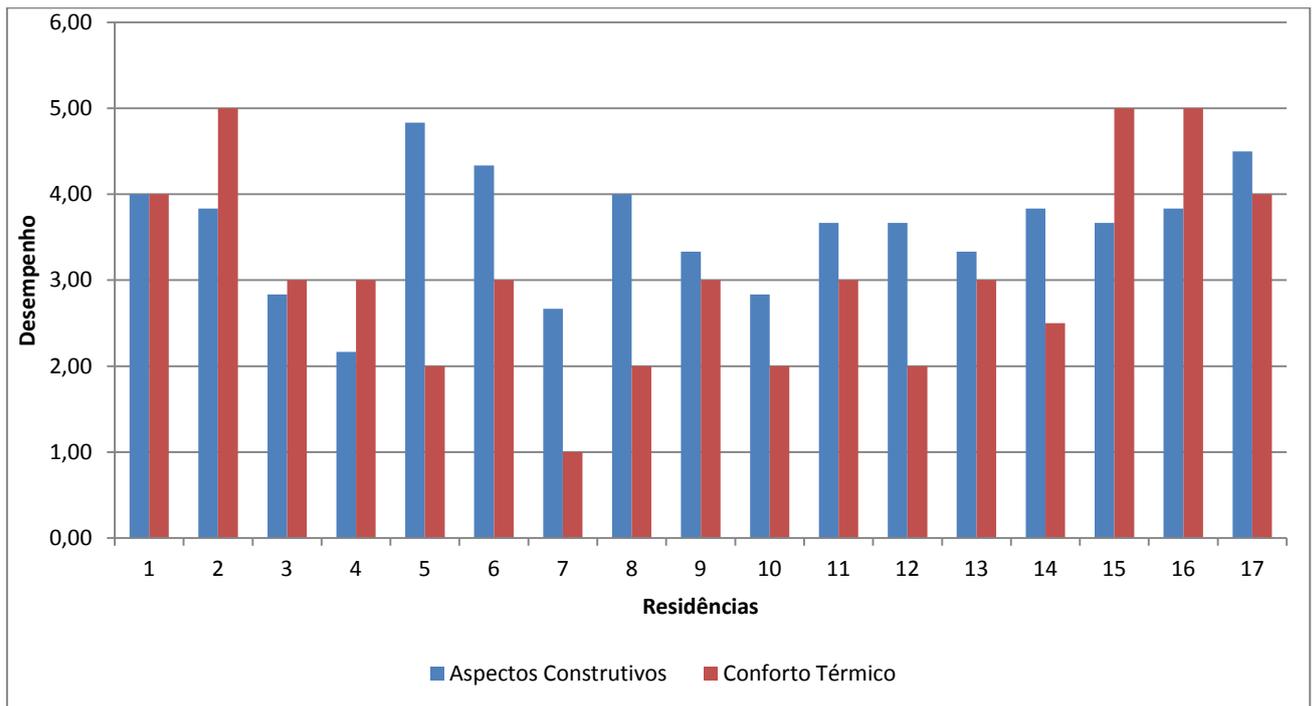


Gráfico 18 - Desempenho de residências do Conjunto Habitacional Santa Fé

Fonte: Autoria própria, 2013.

Neste conjunto habitacional, os resultados obtidos com o questionário são bastante variados e não se percebe uma relação entre o desempenho dos aspectos construtivos e o desempenho do conforto térmico.

Vários moradores relataram que há presença de umidade, sendo que os principais cômodos afetados eram os quartos. Analisando a planta baixa das residências (Anexo A), percebe-se que a localização dos quartos, que têm uma das paredes externas orientada para o sudoeste, talvez seja a causa do problema. Esta parede quase não recebe radiação solar e, quando ocorre precipitação pluviométrica, a água que escorre pela parede demora para evaporar completamente. Esta água pode percolar até o interior da residência, originando o inconveniente.

O desempenho das residências edificadas no Conjunto Habitacional Rio Chapecó se encontra no Gráfico 19, que trata das residências de 30m², e no Gráfico 20, sobre residências de 40m².

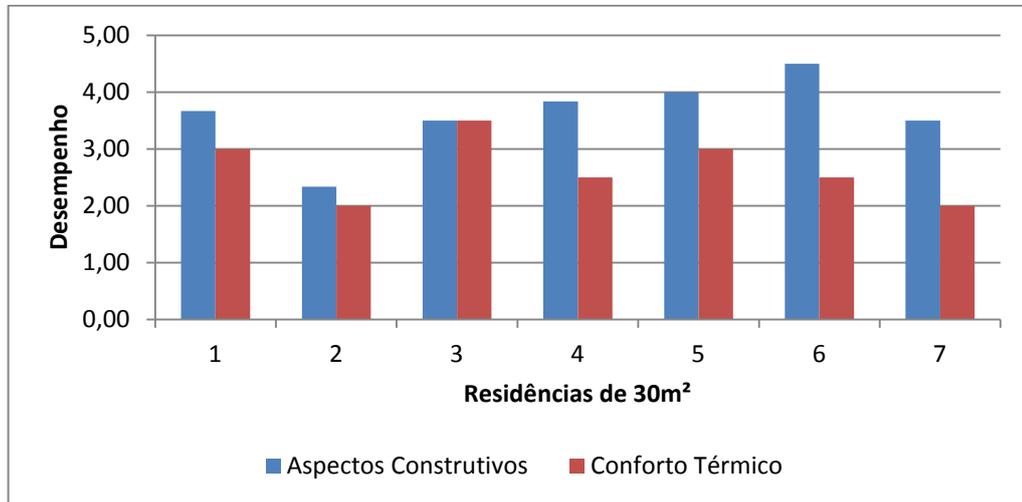


Gráfico 19 - Desempenho de residências de 30m² do Conjunto Habitacional Rio Chapecó

Fonte: Autoria própria, 2013.

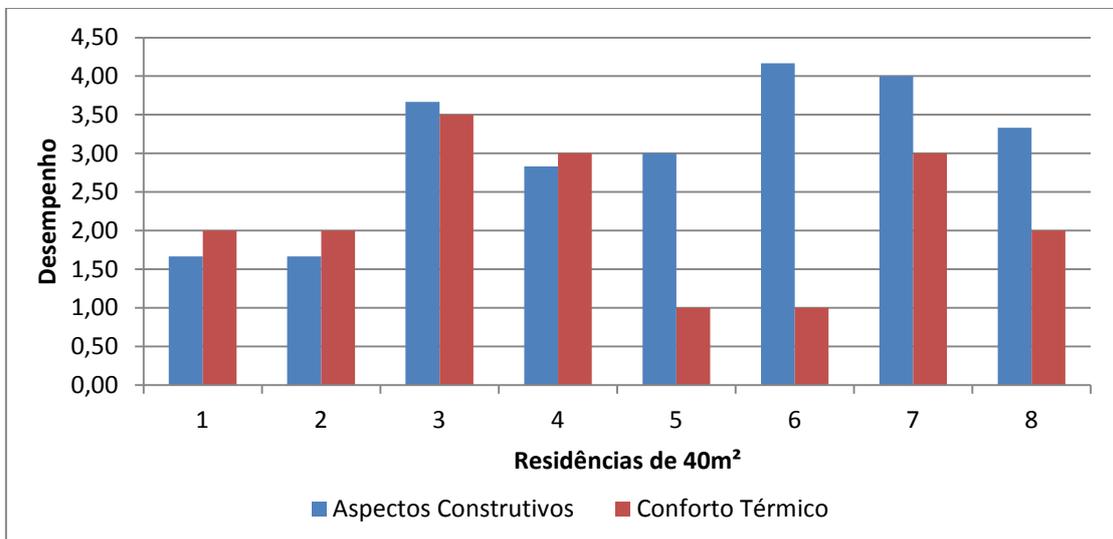


Gráfico 20 – Desempenho de residências de 40m² do Conjunto Habitacional Rio Chapecó

Fonte: Autoria própria, 2013.

Percebe-se que as habitações de 30m² são ligeiramente mais confortáveis quanto à temperatura em relação às habitações de 40m².

Novamente ocorre o fato de que a maioria das residências apresenta o desempenho dos aspectos construtivos maior que o desempenho do conforto

térmico. Questionados sobre a presença de umidade, apenas quatro dentre quinze moradores entrevistados neste conjunto habitacional relataram que a residência não apresenta tal problema. A presença de umidade no ambiente interfere na sensação térmica e, no caso destas residências, pode estar afetando o desempenho do conforto térmico negativamente, além de trazer danos à saúde dos habitantes quando em excesso.

As residências do Bairro Planalto onde foi aplicado o questionário apresentam cobertura tanto em fibrocimento quanto em telha cerâmica e têm diversas orientações solares. As notas que os moradores atribuíram para a residência que habitam em relação ao conforto térmico de verão e de inverno e também o material utilizado no sistema de cobertura são apresentados na Tabela 10. A nota 5 significa que a habitação é muito confortável termicamente naquele período do ano, já a nota 1 significa que a habitação é muito desconfortável quanto à temperatura naquele período do ano, ou seja, quanto maior a nota, melhor é o conforto térmico na habitação.

Tabela 10 - Desempenho de conforto térmico e sistema de cobertura de residências analisadas no Bairro Planalto

Residência	Conforto Térmico Verão	Conforto Térmico Inverno	Cobertura
01	1	2	Fibrocimento
02	2	2	Fibrocimento
03	4	4	Fibrocimento
04	1	1	Fibrocimento
05	4	2	Fibrocimento
06	4	4	Fibrocimento
07	4	4	Fibrocimento
08	4	4	Fibrocimento
09	1	1	Cerâmica
10	5	4	Cerâmica
11	4	5	Cerâmica
12	4	1	Cerâmica
13	4	4	Cerâmica
14	4	1	Cerâmica
15	4	4	Fibrocimento
16	4	5	Fibrocimento
17	4	4	Fibrocimento
18	4	4	Fibrocimento

Fonte: Autoria própria, 2013.

Com estes dados, calculou-se a média das notas para o conforto térmico tanto para o verão quanto para o inverno separando-se as residências de acordo com o sistema de cobertura. As médias das notas são mostradas na Tabela 11.

Tabela 11 – Relação entre desempenho de conforto térmico e material utilizado no sistema de cobertura em diferentes períodos do ano

Sistema de cobertura e período do ano	Desempenho
Fibrocimento / inverno	3,33
Fibrocimento / verão	3,33
Telha cerâmica / inverno	2,67
Telha cerâmica / verão	3,67

Fonte: Autoria própria, 2013.

Com estes valores, percebe-se que o sistema de cobertura em fibrocimento tende a proporcionar um desempenho constante conforme as oscilações de temperatura. Já as habitações com cobertura em telha cerâmica apresentam um melhor desempenho em relação ao conforto térmico no período de verão.

O desempenho dos aspectos construtivos e de conforto térmico é mostrado no Gráfico 21.

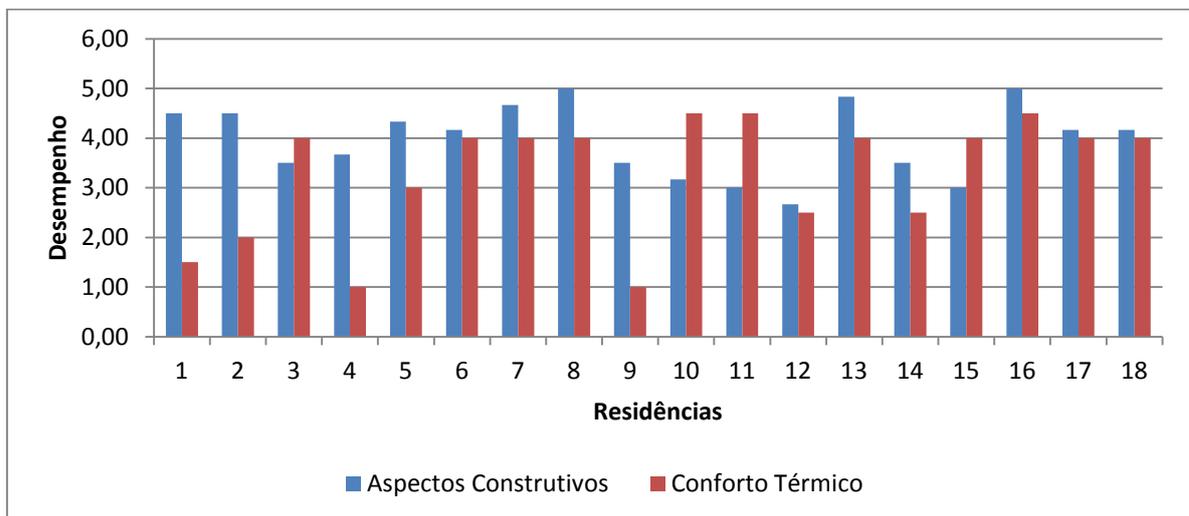


Gráfico 21 - Desempenho de residências do Bairro Planalto

Fonte: Autoria própria, 2013.

Neste bairro, observou-se que os moradores têm uma situação econômica melhor que nos outros bairros visitados e, com isto, se torna mais fácil executar reformas ou adquirir aparelhos que proporcionem um melhor conforto térmico no

interior da habitação. Talvez seja este fato que colaborou para que estas residências tenham um melhor desempenho de conforto térmico em relação às outras residências estudadas, conforme mostra a Tabela 12. Os valores apresentados são a média das notas recebidas em relação ao desempenho do conforto térmico tanto no inverno como no verão de todas as residências estudadas naquele conjunto habitacional.

Tabela 12 - Média das notas obtidas em pesquisa do desempenho de conforto térmico das residências de cada conjunto habitacional

Conjunto Habitacional	Média do conforto térmico
Bairro Fraron	2,40
Nossa Terra	2,75
Santa Fé	3,09
Rio Chapecó	2,40
Planalto	3,28

Fonte: A autoria própria, 2013.

As habitações estudadas no Bairro Fraron, que possuem paredes em concreto armado, fato anteriormente mostrado e que está em desacordo com a NBR 15220:2003, têm desempenho de conforto térmico igual ao das habitações estudadas no Conjunto Habitacional Rio Chapecó, onde algumas residências possuem aberturas para ventilação com dimensões não recomendadas pela NBR 15220:2003.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Das setenta e três habitações sociais unifamiliares onde foi aplicado o questionário, 58,05% delas apresentaram nota maior ou igual a 4 (que significa que a habitação é confortável) em relação ao conforto térmico no período de verão e, para o período de inverno, este número cai para 42,47% de habitações consideradas confortáveis ou muito confortáveis.

Apenas 35,62% dos moradores relataram que não há focos de umidade na residência. Quando há um teor elevado de umidade no ambiente em períodos de calor, o corpo tem maior dificuldade de regular a sua temperatura através do suor, já que a alta umidade atrapalha na evaporação deste. Este fato pode ter prejudicado o desempenho das residências quanto ao desempenho do conforto térmico de verão.

Outro fator que influencia no desempenho de conforto térmico da habitação é a coloração da sua pintura externa. A NBR 15220 (ASSOCIAÇÃO..., 2003) especifica os valores de absorvância para radiação solar de diversas cores. Para a coloração branca, a absorvância é de 0,20 e para a cor preta, vale 0,97. Ou seja, quanto mais escura a coloração da pintura externa, maior o calor absorvido dentro da habitação. Apesar disto, não foi percebida uma relação entre o desempenho do conforto térmico das habitações com a coloração da sua pintura externa.

O conforto térmico além de ser influenciado pela velocidade do vento, da umidade relativa do ar, entre outros, também varia de pessoa para pessoa. O mesmo ambiente pode ser considerado confortável para um indivíduo e desconfortável para outro. Se outro morador de determinada habitação estudada tivesse respondido o questionário, os resultados poderiam ser diferentes, influenciando nos resultados obtidos.

A maioria das habitações apresentou desempenho dos aspectos construtivos maior que o desempenho do conforto térmico. O desempenho dos aspectos construtivos trata da execução de aberturas e sistema de cobertura sem a presença de frestas, que prejudicariam o conforto térmico no inverno, também trata do tamanho e orientação das aberturas de modo a permitir ventilação suficiente no verão e recebimento suficiente de radiação solar no inverno, e ainda se refere ao sistema de cobertura eficiente que isole o interior da residência da temperatura externa. Isto significa que os cuidados ao se projetar e construir tais residências não estão sendo suficientes para proporcionar um ambiente termicamente confortável.

Uma estratégia de condicionamento térmico passivo citada pela Norma e que não foi verificada em nenhuma habitação presente no estudo é o uso de vedações internas pesadas. As paredes internas com espessura maior que as paredes externas vão receber calor vindo do ambiente externo e, quando a temperatura do ambiente começar a diminuir, estas paredes liberam o calor retido, aumentando a temperatura do ambiente.

As exigências da NBR 15220:2003 quanto aos materiais de vedações externas e tamanho de aberturas foi atendida pela maioria das residências. Porém, a própria Norma em sua Parte 3 diz que “o condicionamento passivo será insuficiente durante o período mais frio do ano”. (ASSOCIAÇÃO..., 2003, p. 5). Logo, os moradores necessitam de algum método de aquecimento ativo, que pode ser fogão a lenha, o qual vários moradores confirmaram haver na habitação, ou então aquecedores elétricos. Isto confirma que a hipótese levantada no início deste trabalho de que ainda não é dada a devida importância ao desempenho térmico das edificações se confirma, pois deve-se, além de atender aos requisitos, investir em alguma forma de aquecimento.

Este estudo pode ser analisado pelos responsáveis pela área de engenharia e obras da Prefeitura Municipal de Pato Branco para a melhoria do desempenho térmico de habitações a serem construídas futuramente. Uma sugestão seria a incorporação de manta de isolamento térmico no sistema de cobertura, que é uma solução acessível, de baixo custo e fácil instalação.

Como sugestão de trabalhos futuros, pode-se fazer a avaliação do desempenho térmico destas habitações com base na NBR 15575:2013, que trata do desempenho de edifícios habitacionais e comparar com os resultados obtidos neste trabalho.

9 RERERÊNCIAS

- ABIKO, A. K. **Introdução à gestão habitacional**. São Paulo, EPUSP, 1995. Texto técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, TT/PCC/12.
- 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.
- AKUTSU, Maria; SATO, Neide M. N.; PEDROSO, Nelson G. **Desempenho térmico de edificações habitacionais e escolares**: manual de procedimentos para avaliação. São Paulo: IPT, 1987.
- AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. São Paulo: Difek, 1986.
- BOGO, Amilcar; PIETROBON, Claudio E.; BARBOSA, Miriam J.; GOULART, Solange; PITTA, Telma; LAMBERTS, Roberto. **Bioclimatologia aplicada ao projeto de edificações visando o conforto térmico**, 1994.
- BRASIL. **Consolidação das Leis Trabalhistas nº 6.514**, 1977
- CAMARGO, Ângelo P. de; MARIN, Fábio R.; CAMARGO, Marcelo B. P. de. **Zoneamento Climático da Heveicultura no Brasil**, 2003. Disponível em: <http://gisservice.cnpm.embrapa.br/publica/download/d24_heveic_fin.pdf>. Acesso em: 23 abr. 2013.
- FAZER FÁCIL. **As paredes em uma construção**. Disponível em: <http://www.fazerfacil.com.br/Construcao/parede_2.htm>. Acesso em 18 jun. 2013.

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

GALLO, C.; SALA, M.; SAYIGH, A. A. M. **Architecture: comfort and energy**. Kidlington: Elsevier, 1988.

GOOGLE MAPAS. Disponível em:

<<https://maps.google.com.br/maps?hl=pt-BR&tab=wl>>. Acesso em 16 jul. 2013.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. **Sensação térmica**. Disponível em:

<<http://www.csanl.com.br/professores/material/henrique/sensacaotermica.pdf>>.

Acesso em 18 jun. 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Área Territorial Brasileira**. Disponível em:

<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/default_territ_area.shtm>.

Acesso 08 abr. 2013.

KNIGHT, Randal. **Física 2: uma abordagem estratégica**. 2ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.

LAMBERTS, Roberto. **Desempenho Térmico de Edificações**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2011.

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

LARCHER, J. V. M. **Diretrizes para expansão da habitação de interesse social sob a ótica do sistema construtivo**. 2005. 160 f. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) - Programa de Pós-graduação em Construção Civil, Universidade Federal do Paraná. Orientador: Aguinaldo dos Santos.

LIMA, Paulo G. **Tendências Paradigmáticas na Pesquisa Educacional**. 301 f. Dissertação (mestrado). Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Educação. Campinas, 2001. Disponível em:
<<http://www.do.ufgd.edu.br/PauloLima/arquivo/mestrado.pdf>>. Acesso em 24 abr. 2013.

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 23 abr. 2013.

LOPES, Eurídice F. M. **Conforto Térmico**, 2008. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/3678153/Conforto-Termico>> Acesso em 26 mar. 2013.

MONTENEGRO, Gildo. **Ventilação e cobertas**: estudo teórico, histórico e descontraído. São Paulo: Edgard Blucher, 1984

PÉCORA, Jesus D.; SILVA, Ricardo G. **Unidades Métricas Correlacionadas à Temperatura**. Disponível em:
<http://www.forp.usp.br/restauradora/pg/textos_tecnicos/metrologia/metrologia_temperatura.html>. Acesso em 18 jun. 2013.

PORTAL SÃO FRANCISCO. **Clima Brasileiro**. Disponível em:
<<http://www.portalsaofrancisco.com.br/alfa/brasil/clima-brasileiro.php>>. Acesso em 23 abr. 2013.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PATO BRANCO. **Projeto Arquitetônico**: Conjunto Habitacional Nossa Terra. Pato Branco, 2006.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PATO BRANCO. **Projeto Arquitetônico:** Conjunto Habitacional Santa Fé, 2007.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PATO BRANCO. Disponível em:
<<http://www.patobranco.pr.gov.br/municipio4.aspx>>. Acesso em 03 set. 2013.

SÓ FÍSICA. **Como se calcula a sensação térmica?** Disponível em:
<<http://www.sofisica.com.br/conteudos/curiosidades/sensacaotermica.php>>. Acesso em 18 jun. 2013.

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

APÊNDICE A - Questionário aplicado nas habitações

QUESTIONÁRIO SOBRE O CONFORTO TÉRMICO DA RESIDÊNCIA

Rua: _____ nº: _____

Projeto: _____ Tempo de moradia: _____

Cor da pintura externa: _____ Estado: bom () regular () ruim ()

É o primeiro morador? () Sim () Não

Presença de estratégia de sombreamento: () Árvore () Elemento construtivo

Presença de estratégia de aquecimento: () fogão a lenha () outro

Avalie sua residência a respeito dos seguintes aspectos:

1. Em relação à temperatura:

	5	4	3	2	1
Como você considera a temperatura de sua casa no verão?					
Como você considera a temperatura de sua casa no inverno?					

Sendo:

5 – muito confortável

4 – confortável

3 – indiferente

2 – desconfortável

1 – muito desconfortável

2. Quanto às aberturas:

	5	4	3	2	1
São bem vedadas, sem passagem de ar através de frestas.					
No verão, a ventilação através de janelas abertas auxilia na sensação de conforto.					
No inverno, as janelas (fechadas) auxiliam para que a temperatura fique agradável através da radiação solar.					

Sendo:

5 – concordo totalmente

4 – concordo em parte

3 – indiferente

2 – discordo em parte

1 – discordo totalmente

3. Quanto ao sistema de cobertura:

	5	4	3	2	1
É bem vedado, sem passagem de ar através de frestas.					
Percebe-se que, no verão, o calor fica retido entre o telhado e o forro.					
No inverno, o sistema de cobertura isola a residência das baixas temperaturas externas.					

Você já observou a presença de focos de umidade na sua casa?

() Sim

() Não

Se sim, onde?

Você já observou a presença de bolor na sua casa?

() Sim

() Não

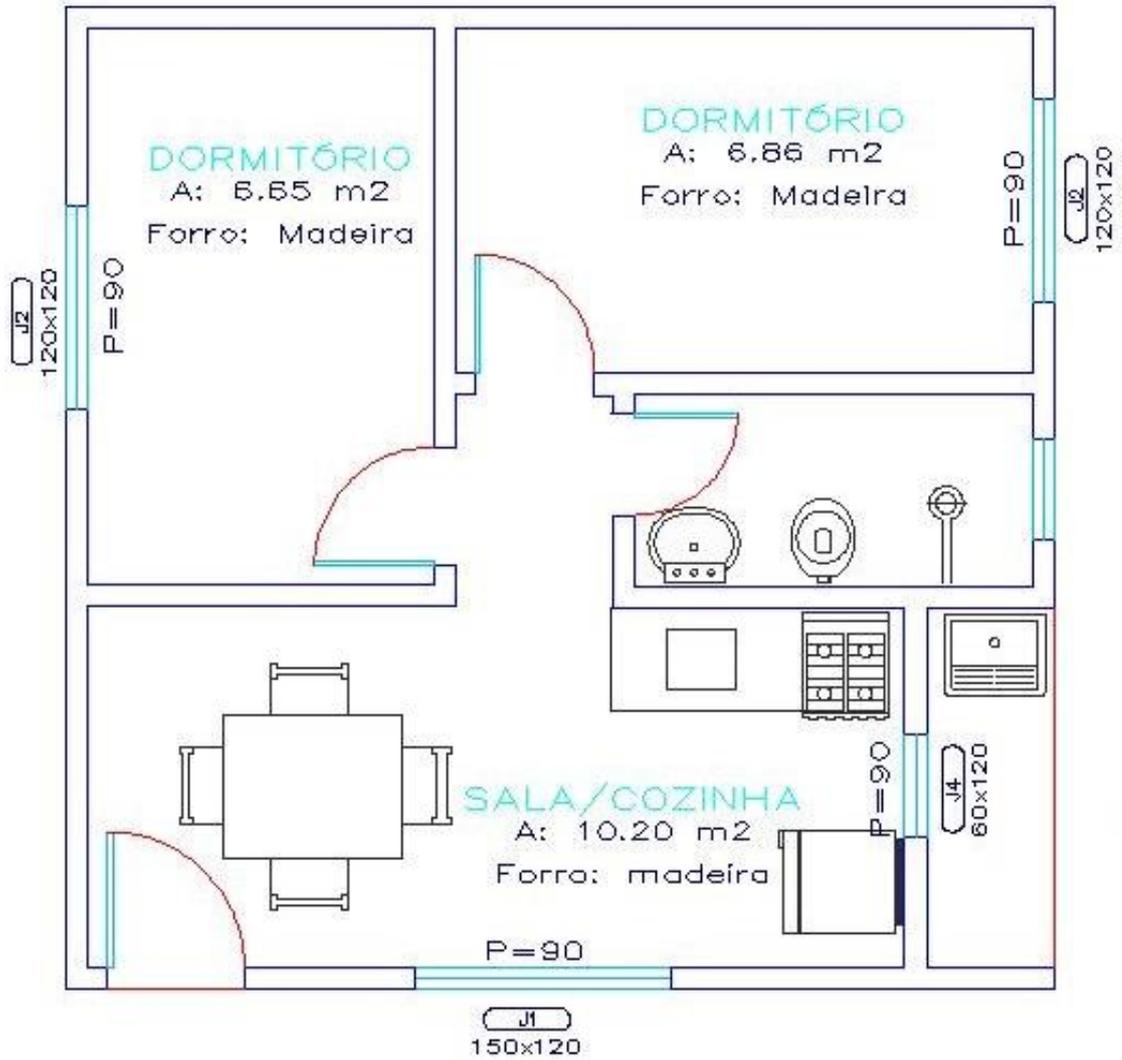
Se sim, onde?

Você acha que há alguma coisa que poderia melhorar, no conforto térmico de sua casa?

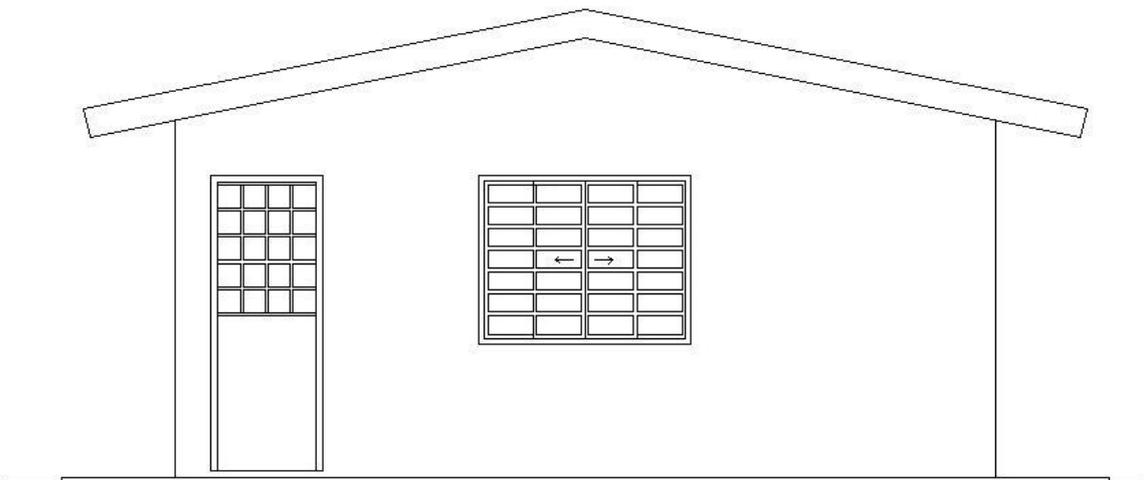
Em relação ao frio: _____

Em relação ao calor: _____

ANEXO A – Projeto Arquitetônico das habitações edificadas nos conjuntos habitacionais Nossa Terra e Santa Fé

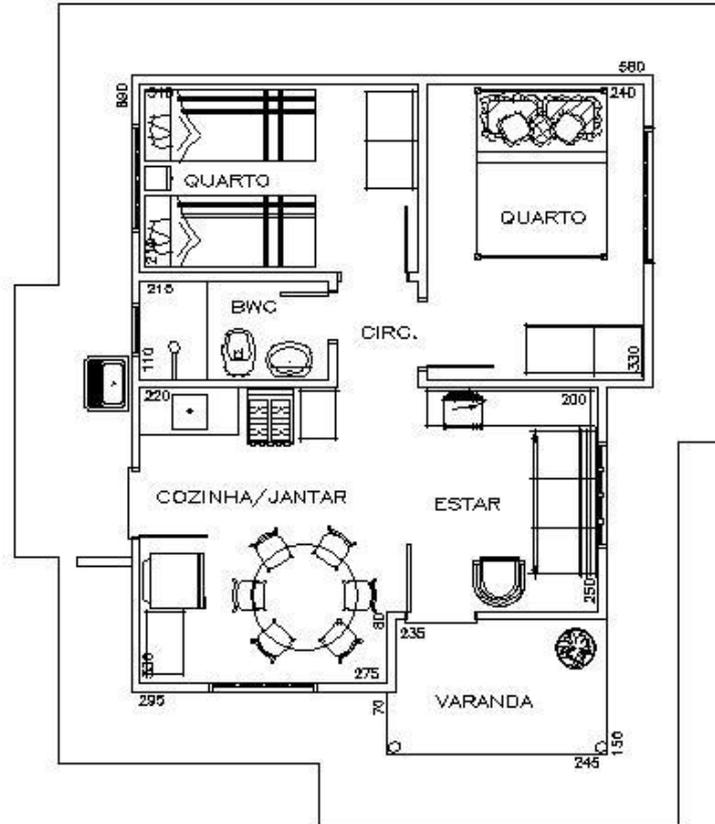


Planta Baixa

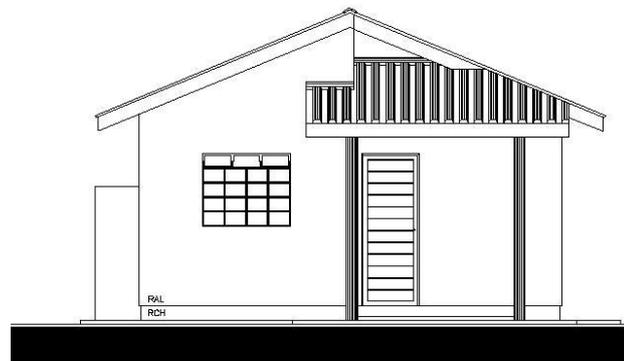


Elevação Frontal

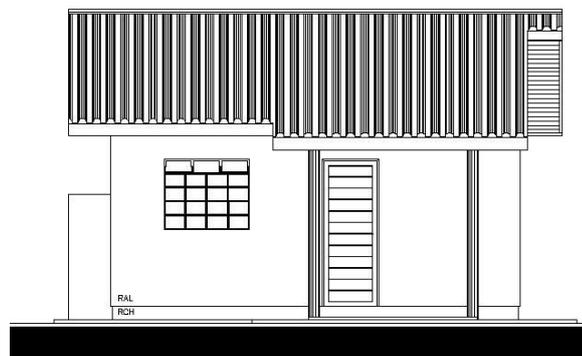
ANEXO B – Projetos Arquitetônicos das habitações edificadas no Conjunto Habitacional Rio Chapecó



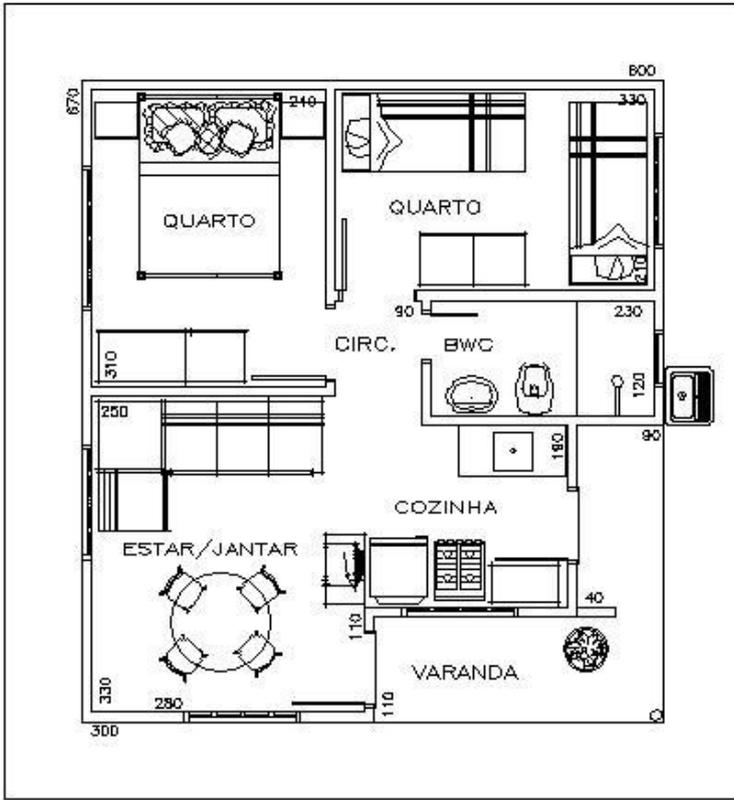
Planta Baixa – 40-A



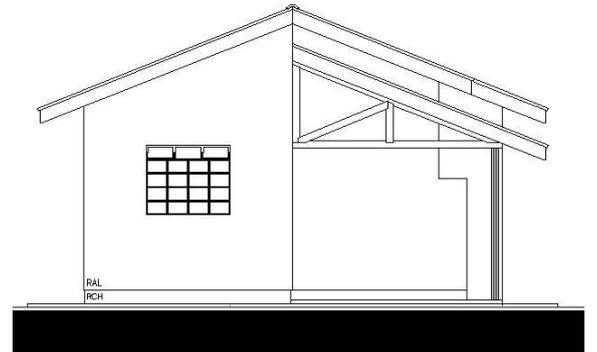
Elevação Frontal 40-A



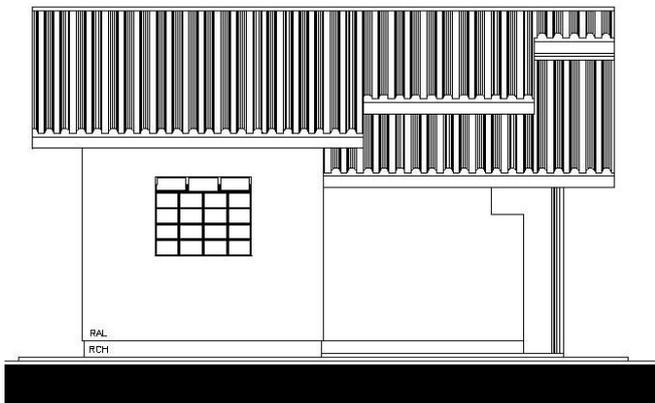
Elevação Frontal 40-A1



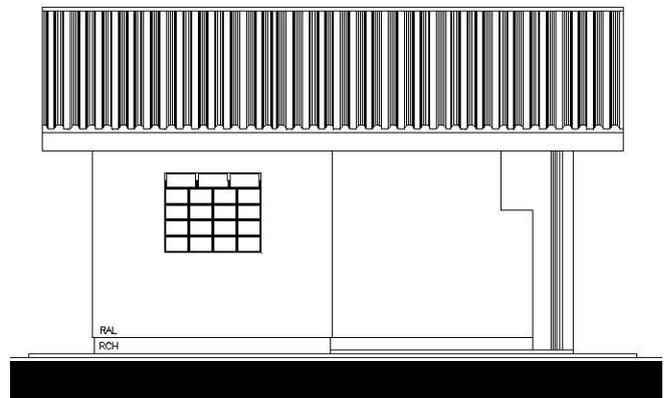
Planta Baixa – 40-D



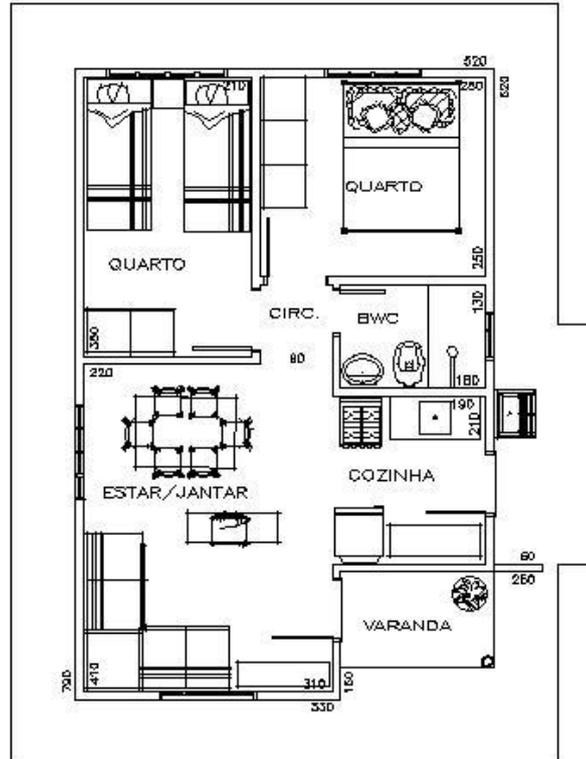
Elevação Frontal – 40-D



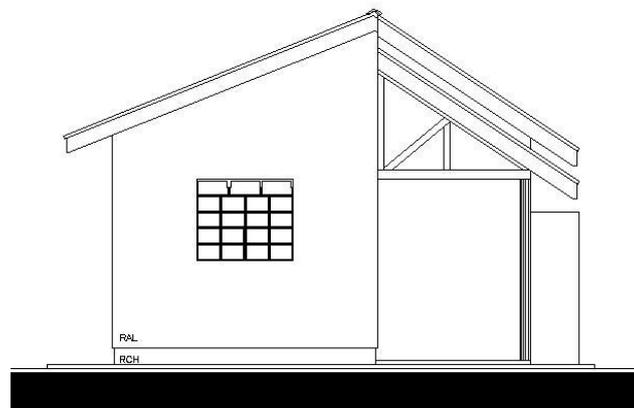
Elevação Frontal – 40-D1



Elevação Frontal – 40-D2



Planta Baixa – 40-E



Elevação Frontal – 40-E