



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO MULTIDISCIPLINAR – PAU DOS FERROS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

RONNY KLEY QUEIROZ DE AZEVEDO

**ANÁLISE DO CONFORTO TÉRMICO EM RESIDÊNCIAS UNIFAMILIARES NO
MUNICÍPIO DE PAU DOS FERROS/RN**

PAU DOS FERROS – RN
2018

RONNY KLEY QUEIROZ DE AZEVEDO

**ANÁLISE DO CONFORTO TÉRMICO EM RESIDÊNCIAS UNIFAMILIARES NO
MUNICÍPIO DE PAU DOS FERROS/RN**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Centro Multidisciplinar – Pau dos Ferros para a
obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador: Prof^o. Bel. Messias Fernandes Neto –
UFERSA.

Coorientador: Prof^o. Eduardo Raimundo Dias
Nunes

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

A994a Azevedo, Ronny Kley Queiroz de .
ANÁLISE DO CONFORTO TÉRMICO EM RESIDÊNCIAS
UNIFAMILIARES NO MUNICÍPIO DE PAU DOS FERROS/RN
/ Ronny Kley Queiroz de Azevedo. - 2018.
53 f. : il.

Orientador: Messias Fernandes Neto.
Coorientador: Eduardo Raimundo Dias Nunes.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia Civil,
2018.

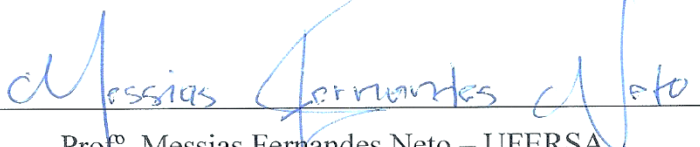
1. Conforto Ambiental. 2. Desempenho Térmico.
3. Construção Civil. I. Neto, Messias Fernandes,
orient. II. Nunes, Eduardo Raimundo Dias, co-
orient. III. Título.

**ANÁLISE DO CONFORTO TÉRMICO EM RESIDÊNCIAS UNIFAMILIARES NO
MUNICÍPIO DE PAU DOS FERROS/RN**

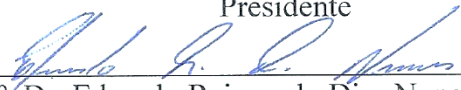
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Centro Multidisciplinar – Pau dos Ferros para a
obtenção do título de Engenheiro Civil.

APROVADA EM: 19 / 04 / 2018

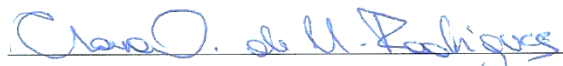
BANCA EXAMINADORA


Prof.^o. Messias Fernandes Neto – UFERSA

Presidente


Prof.^o. Dr. Eduardo Raimundo Dias Nunes – UFERSA

Primeiro Membro


Prof.^a M.^a. Clara Ovídio de Medeiros Rodrigues

Segundo Membro

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, Nilton Dantas de Azevedo e Sebastiana Queiroz de Azevedo, também a minhas irmãs, Gisele Murielle Queiroz de Azevedo e Ana Karine Queiroz de Azevedo que sempre confiaram e acreditaram nessa vitória.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me dado forças para concluir esse trabalho.

Agradeço aos meus amigos e colegas da UFRSA que foram integrantes de um ciclo difícil, mas que juntos conseguimos vencer.

Agradeço a UFRSA por ter me proporcionado a conclusão do ensino superior.

Agradeço aos meus pais, que sempre me incentivaram durante toda minha vida de estudante.

Ao meu excelentíssimo orientador, Messias Fernandes Neto pela disponibilidade e dedicação ao trabalho e também pelas correções e orientação que contribuíram de forma indispensável para sua realização.

Agradeço ao meu coorientador professor Eduardo Raimundo Dias Nunes, por seu compromisso, ensinamentos e disponibilidade para me ajudar.

Aos membros da banca, por participarem desta defesa, contribuindo com a minha formação acadêmica.

Sou muito grato ao meu amigo José Vidal Júnior, que me apoiou em todas as etapas do curso, e inclusive, contribuiu para a construção desse trabalho.

A grande família que formamos em Pau dos Ferros (José Vidal Júnior e toda família, Cristhianne Medeiros e toda família, Beatriz Barra, Ruana Rafaela, Ana Taís, Renato Victor, Bruno Freire, Moisés Nunes e Joice Chaves, e outros mais); vocês formam uma linda corrente de amizades que eu levo da UFRSA – Campus Pau dos Ferros e da cidade de Pau dos Ferros/RN.

Muito obrigado a todos que trabalharam junto comigo nos dois estágios que fiz parte em Pau dos Ferros/RN, tanto na Prefeitura Municipal de Pau dos Ferros, principalmente a Mariane

Fereira Barbalho, Assistente administrativa e Eliriane Melo Pinheiro, Secretaria de administração, como na CAERN – PAU DOS FERROS, principalmente ao Gestor Regional da CAERN-PAU DOS FERROS, Esmeraldo Alves, à técnica de edificações Carla Mirela e a Júnior Maia, o companheiro fiel dos estagiários.

A todos meus familiares, por terem me apoiado nos momentos difíceis.

Enfim, agradeço a todas as pessoas que fizeram parte dessa etapa decisiva da minha vida.

RESUMO

Nota-se que é crescente a preocupação pela busca do desempenho ideal da habitação em relação ao conforto ambiental, que engloba uma série de requisitos mínimos que devem ser alcançados pelas edificações, adequando as construções e sua arquitetura às necessidades do homem. Dentre os requisitos a serem alcançados, destaca-se o estudo e avaliação do conforto térmico, que abrange a satisfação do homem em relação ao ambiente em que ele se encontra. Tal conceito envolve garantir o equilíbrio do calor produzido pelo corpo com o calor perdido para o ambiente. Sabe-se que a realização de pesquisas do conforto térmico visa analisar e propor condições que auxiliem na concepção de um ambiente adequado à permanência humana, bem como às atividades que naquele ambiente serão desempenhadas. Os fatores que influenciam no desempenho do conforto térmico nas habitações unifamiliares vêm sendo cada vez mais debatidos, ainda mais em regiões com clima quente, que apresentam características peculiares, tais como: altas temperaturas e baixos índices pluviométricos. Com essa temática em questão, foi realizado um estudo de caráter qualitativo, através da análise de dados obtidos em estudos de campo (visitas *in loco*), necessários para avaliar o conforto térmico real, que constitui o objetivo principal deste trabalho, levando em consideração as condições climáticas regionais em que foi realizada a pesquisa e os tipos principais de materiais usados na construção do imóvel. O estudo em questão tem como objetivo analisar o desempenho do conforto térmico de acordo com aspectos construtivos, sensações térmicas dos moradores e parâmetros previstos pela norma usada no estudo, parâmetros esses que serão confrontados com as situações já existentes para assim avaliar se a habitação está compatível com suas especificações ideais de vedações e telhado. A partir da análise dos dados coletados, constatou-se que as edificações não estão em acordo com as especificações da NBR 15.220/2003. Desse modo, foram apresentadas alternativas e técnicas construtivas (tipo e forma de assentamento de tijolo, por exemplo) adequadas à região do estudo bem como formas de melhorar os aspectos construtivos (janelas com aberturas adequadas, por exemplo) para se alcançar um desempenho térmico desejado. Portanto, conclui-se que, as edificações consideradas no estudo, concomitante à maioria das edificações da região, que apresentam padrões de construção semelhantes, não estão proporcionando aos seus moradores condições adequadas de conforto térmico de acordo com a região em que as mesmas estão localizadas, de acordo com o que preconiza a NBR 15.220/2003.

Palavras-chave: Conforto Ambiental, Desempenho Térmico, Construção civil.

ABSTRACT

According to the majority of authors, there is a growing concern about the optimum performance of housing in relation to thermal, acoustic, and environmental comfort, among others, adapting the buildings and their architecture to the needs of man. The concept of thermal comfort encompasses man's satisfaction with the thermal environment in which he finds himself; such a concept involves balancing the heat produced by the body with the heat lost to the environment. With this study, it will be possible to obtain relevant data to evaluate the performance of the desired thermal comfort, the main objective of the study, taking into account the climatic conditions of the region where the study will be done and the types of materials used in the construction of the property. It is known that the performance of thermal comfort surveys aim to analyze and propose conditions that help in the design of an adequate environment for human permanence, as well as the activities that will be performed in that environment. The factors that influence the performance of thermal comfort in single-family homes have been increasingly debated, especially in our region whose climate has peculiar characteristics, such as high temperatures and low rainfall rates, so a control is necessary to be able to present all the necessary requirements according to existing standards in construction, such as NBR 15.220 / 2003. The objective of this study is to analyze the performance of thermal comfort according to constructive aspects, thermal sensations of the residents and parameters foreseen by the standard that is used in the study, which parameters will be confronted with the existing situations in order to evaluate if the housing is compatible with its ideal specifications of fences and roof. From the analysis, the buildings not being in agreement with the specifications of NBR 15.220 / 2003 thus, will be presented alternatives of constructive techniques (type and form of brick laying, for example) appropriate to the region of the study as well as ways of improving the (windows with suitable openings, for example) to achieve a desired thermal performance. Therefore, it can be noted that the buildings considered in the study, concomitant to most of the buildings of the region that present the same constructive characteristics, are not providing their residents with adequate thermal comfort conditions according to the region in which they are located.

Keyword: Environmental Comfort, Thermal Performance, Construction.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Principais elementos climáticos a serem controlados.....	18
Tabela 2 – Dados climáticos para Pau dos Ferros/RN.....	19
Tabela 3 – Aberturas para ventilação e sombreamento das aberturas para a Zona Bioclimática 7.....	23
Tabela 4 – Tipos de vedações externas para a Zona Bioclimática 7.....	23
Tabela 5 – Tipo de vedações e seus respectivos valores de transmitância térmica, atraso térmico e fator de calor solar.....	24
Tabela 6 – Resistência térmica das câmaras de ar não ventiladas, com largura muito maior que a espessura de acordo com a NBR 15.220/2003.....	32
Tabela 7 – Densidade de massa aparente (ρ), condutividade térmica (λ) e calor específico (c) do material cerâmico e gesso de acordo com a NBR 15.220/2003.....	33
Tabela 8 – Propriedades térmicas das vedações externas das habitações unifamiliares no Bairro São Judas Tadeu.....	34
Tabela 9 – Propriedades térmicas das vedações externas das habitações unifamiliares no Bairro João XXIII.....	34
Tabela 10 – Possíveis soluções para as propriedades térmicas das vedações externas das habitações futuras no município de Pau dos Ferros/RN.....	36
Tabela 11 – Aberturas para ventilação.....	36
Tabela 12 – Classificação de aberturas para ventilação das residências do Bairro São Judas Tadeu.....	37
Tabela 13 – Classificação de aberturas para ventilação das residências do Bairro João XXIII.....	37
Tabela 13 – Notas obtidas através do questionário aplicado nas edificações.....	38

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Região do semiárido brasileiro.....	21
Figura 2 – Zoneamento bioclimático brasileiro.....	22
Figura 3 – Zona Bioclimática 7.....	22
Figura 4 – Sequência de procedimentos do estudo.....	27
Figura 5 – Localização casas 01 e 02 no Bairro São Judas Tadeu.....	28
Figura 6 - Localização casas 03 e 04 no Bairro João XXIII.....	28
Figura 7 – Propriedades térmicas do telhado com forro de gesso.....	31

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Porcentagem de residências nas zonas urbanas e rural.....	17
Gráfico 2 – Desempenho das residências do Bairro São Judas Tadeu.....	39
Gráfico 3 – Desempenho das residências do Bairro João XXIII.....	39
Gráfico 4 – Média dos valores de desempenho de conforto térmico das habitações envolvidas no estudo.....	40
Gráfico 5 – Média dos valores de desempenho de conforto térmico das habitações com diferentes técnicas construtivas.....	41

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 – Fator de calor solar.....	24
Equação 2 – Atraso térmico.....	31
Equação 3 – Resistência térmica de superfície a superfície do componente.....	32
Equação 4 – Coeficiente B0.....	33
Equação 5 – Coeficiente B1.....	33
Equação 6 – Resistência térmica da telha cerâmica.....	33
Equação 7 – Coeficiente B2.....	33

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CAERN	Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte
NBR	Norma Brasileira
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
TSM	Temperatura Superficial do Mar
PNAD	Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	Objetivos	15
2	REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1	Conforto térmico.....	16
2.2	O Clima da região.....	19
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	25
3.1	Materiais utilizados	25
3.2	Método de pesquisa	26
3.3	Localização das habitações do estudo.....	27
3.4	Aplicação do questionário.....	29
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	30
4. 1	Análise dos materiais da parede e cobertura	30
4.2	Análise das dimensões das aberturas.....	36
4.3	Dados obtidos através de questionário	38
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	42
	REFERÊNCIAS	44
	APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO SOBRE O CONFORTO TÉRMICO DA EDIFICAÇÃO	47
	APÊNDICE B – CROQUI DAS EDIFICAÇÕES LOCALIZADAS NO BAIRRO SÃO JUDAS TADEU	48
	APÊNDICE C – CROQUI DAS EDIFICAÇÕES LOCALIZADAS NO BAIRRO SÃO JUDAS TADEU	49
	APÊNDICE D – TIJOLOS AMOSTRA NAS EDIFICAÇÕES DO BAIRRO SÃO JUDAS TADEU	50
	APÊNDICE E – TIJOLOS AMOSTRA NAS EDIFICAÇÕES DO BAIRRO JOÃO XXIII.....	51

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, os centros urbanos vêm crescendo de modo acelerado e desordenado, decorrente do aumento populacional e também da elevada migração da zona rural para a zona urbana à partir da industrialização do país. Diversos fatores têm feito com que os centros urbanos não se adequem a esse crescimento, consequentemente ocorrem vastas mudanças climáticas do meio. Essas mudanças interferem diretamente na qualidade de vida da população, distanciando o homem cada vez mais de uma relação harmoniosa com a natureza (MARTINI, 2013).

Na construção civil, a forma como os prédios são planejados deve contribuir para diminuir a diferença das temperaturas externas e internas, por isso deve-se pensar nas melhores alternativas para amenizar as sensações de desconforto térmico impostos de acordo com cada região e a estação do ano, além de algumas variáveis que contribuem para essa diferença, tais como: sentido dos ventos, índices pluviométricos, umidade relativa entre outros, algo que depende do clima da região e pode ser válido para a zona bioclimática 7, por exemplo. (FROTA, 2000). A relação do usuário com o espaço construído também é destacada pelas suas condições humanas básicas de bem-estar e às mudanças causadas pela evolução, quanto as questões físico-ambientais e os avanços tecnológicos (MONTE, 2006).

A edificação precisa apresentar soluções propostas desde o projeto que, além dos aspectos estéticos, expressivos e simbólicos, algo que envolve à história, cultura e a busca pelo belo e moderno, e aspectos econômicos, que buscam a racionalização da construção e valorização dos lucros, garantam também as condições de bem-estar para o usuário, e tenham uma relação harmônica com o meio externo.

No cotidiano do profissional, muitas vezes não se constata a preocupação com as condicionantes ambientais, uma deficiência que vem desde a sua formação e que é reforçada pela tendência de uniformização da arquitetura, onde os projetos seguem modismos e estilos globalizados e a aceleração do processo construtivo, onde o tempo para a etapa de projeto foi sensivelmente reduzido (FERNANDES, 2009).

O conforto térmico pode ser entendido como sendo o estado de satisfação térmica sentida por um indivíduo em um ambiente, o qual só é obtido quando todas as trocas de calor

submetidas ao corpo forem nulas e o suor e a temperatura da pele se encontrem dentro do limite (LAMBERTS, 2014). Em regiões que apresentam temperaturas elevadas, as construções devem apresentar condições que diminuam a diferença da temperatura externa para a interna mantendo assim o conforto térmico, no entanto, em regiões de calor e frio com certo vigor em diferentes épocas do ano é necessária a implantação de sistemas que possibilitem a ventilação em dias quentes e que barrem os ventos nos dias frios.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Analisar o conforto térmico em residências unifamiliares no município de Pau dos Ferros/RN.

1.1.2 Objetivos específicos

- Através da utilização da ABNT NBR 15220/2003, avaliar as condições de desempenho de conforto térmico nas residências unifamiliares no município de Pau dos Ferros, Rio Grande do Norte;
- Catalogar os tipos de materiais utilizados na construção das paredes e cobertura das edificações e analisa-los de acordo com coeficientes de transmitância térmica, atraso térmico e fator de calor solar;
- Obter um percentual de área de piso das edificações para analisar a área ideal indicada de acordo com a norma;
- Analisar os dados obtidos através de um questionário com os moradores das edificações envolvidas no estudo e comparar os resultados com àqueles obtidos através da análise feita a partir da norma.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesse capítulo será apresentado o referencial teórico do trabalho, que envolve temas como conforto térmico, variáveis do clima (temperatura do ar, temperatura média radiante, umidade relativa do ar e velocidade do ar), o clima da região, bioclimatologia (adequação da arquitetura ao clima, arquitetura bioclimática) e desempenho térmico no local da pesquisa e a NBR 15.220/2003.

2.1 Conforto térmico

O conforto está relacionado ao bem-estar do homem. De uma forma geral, o conforto ambiental se dá por questões físico-ambientais nas quais se detectam condições naturais e por meio de reações metabólicas, além do entorno, que interfere na qualidade do ambiente. Então pode-se perceber que o conforto não depende somente das condições climáticas do local, mas também da orientação e construção dos edifícios (MONTE, 2006). Também pode ser entendido como o conjunto de condições em que os mecanismos de autorregulação são mínimos, ou ainda na zona delimitada por características térmicas em que o maior número de pessoas manifesta se sentir bem (GARCÍA, 1995).

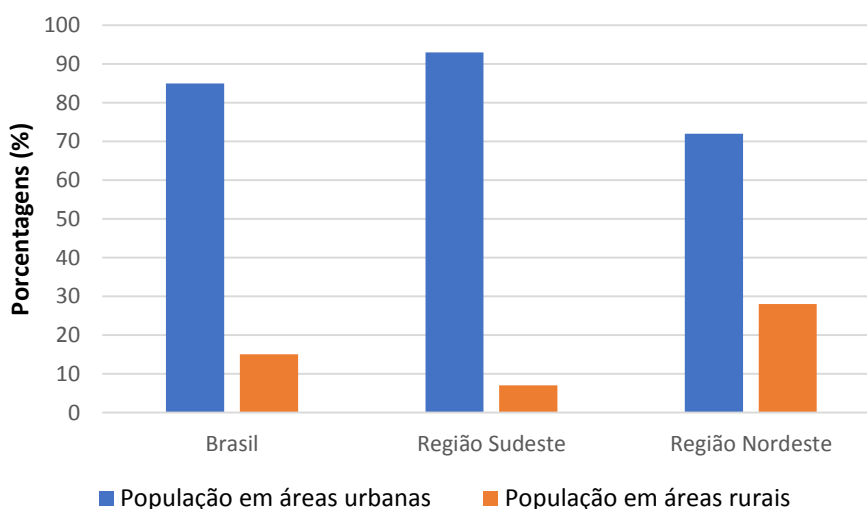
A busca pelo bem-estar, que envolve as condições físico, fisiológico e psicológico do homem vem de longa data, desde épocas remotas, porém apenas nas últimas décadas os estudos dos efeitos do conforto ambiental sobre as pessoas em ambientes internos vêm se intensificando (LAMBERTS e XAVIER, 2003). O termo conforto térmico define a sensação que o organismo humano experimenta quando “perde para o ambiente, sem recorrer a nenhum mecanismo de termorregulação, o calor produzido pelo metabolismo compatível com sua atividade (FROTA e SCHIFFER, 2001). Conforto e equilíbrio térmico do corpo humano estão relacionados, na medida em que a sensação de bem estar térmico depende do grau de atuação do sistema termorregulador para a manutenção do equilíbrio térmico. Isso significa que, quanto maior for o trabalho desse sistema para manter a temperatura interna do corpo, maior será a sensação de desconforto (RUAS, 1999).

Em áreas urbanas o clima tem um fenômeno expressivo conhecido como ilha de calor, sua intensidade depende das características microclimáticas e mesoclimáticas da cidade, relacionados com as condições de uso e cobertura da terra, impermeabilidade do solo,

geometria das edificações, topografia do local, presença de vegetação, reflexibilidade de luz e calor dos materiais de construção, entre outros (FIALHO, 2009). Assim, os estudos referentes a conforto térmico tendem a focar em sua maioria, nas áreas urbanas, uma região mais populosa e com um maior número de moradias, e que apresenta fatores que contribuem para o aumento da temperatura como ruas asfaltadas, grandes prédios que barram a ventilação e aglomeração de imóveis.

De acordo com dados da PNAD (Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios) de 2015, a maior parte da população brasileira, 84,72%, vive em áreas urbanas, já 15,28% dos brasileiros vivem em áreas rurais. A Região Nordeste é a que conta com o maior percentual de habitantes vivendo em áreas rurais, 26,88%, como pode ser comprovado de acordo com o Gráfico 1 .

Gráfico 1 – Porcentagem de residências nas zonas urbanas e rural



Fonte: Adaptado de IBGE (2015)

Os fatores físicos são aqueles que estão relacionados com a troca de calor do corpo com o meio; já os fatores fisiológicos referem-se às alterações na resposta fisiológica do organismo, resultantes da exposição contínua a determinada condição térmica; e finalmente os fatores psicológicos, que são aqueles que se relacionam às diferenças na percepção e na resposta a estímulos sensoriais, frutos da experiência passada e da expectativa do indivíduo (LAMBERTS e XAVIER, 2011). Se as condições térmicas ambientais causam sensação de frio ou de calor, é porque nosso organismo está perdendo mais ou menos calor que o

necessário, por isso deve-se buscar uma forma de diminuir os esforços de troca de calor entre o corpo humano e o ambiente (KRÜGER e LAMBERTS, 2000).

No interior das edificações, o clima juntamente com suas condições de conforto depende das condições climáticas do entorno, mas a própria edificação modifica as condições climáticas da atmosfera envolvente (GIVONI, 1976). Diante dos estudos já realizados e dos resultados obtidos, entende-se a importância do conhecimento dos elementos climáticos locais no projeto de arquitetura, tanto da região e suas condições climáticas quanto dos fatores que podem interferir na condição térmica da edificação, portanto pode-se listar sinteticamente, como mostrado na Tabela 1, os principais elementos dos climáticos a serem controlados com o objetivo de alcançar o conforto térmico desejado (ROMERO, 2001).

Tabela 1 - Principais elementos climáticos a serem controlados

Elementos	Quente-seco	Quente-úmido	De altitude
Temperatura	Reduzir a produção de calor em razão da condução e da convecção dos impactos externos	Idem	Idem na época diurna
Ventos	Nas regiões sem inverno, diminuir o movimento de ar e ventilar à noite. Nas regiões com inverno, diminuir o movimento do ar	Aumentar o movimento do ar	Aumentar o movimento do ar no período úmido e no período seco sem poeira
Umidade	Aumentar as superfícies de água	Evitar a absorção e diminuir a pressão de vapor. Promover a evaporação	Aumenta-la na época seca diurna e noturna
Radiação	Sem inverno: reduzir a absorção da radiação e promover as perdas. Com inverno: reduzir as perdas por radiação nas noites	Reduzir a absorção de radiação	Reduzir a absorção de radiação urbana, permitindo-a nos edifícios na seca
Precipitações	Proteções mínimas nos espaços públicos	Proteção máxima nos espaços públicos	

Fonte: ROMERO (2001)

2.2 O Clima da região

O clima pode ser entendido como o conjunto de fenômenos meteorológicos, como a chuva, a temperatura, a pressão atmosférica, a umidade do ar e os ventos que caracterizam uma região. O clima de um local só é definido após vários anos de observações e acompanhamento (VAREJÃO-SILVA, 2006). O real entendimento do clima local deve ser tido como algo importante no condicionamento, elaboração e avaliação de projetos arquitetônicos e urbanos. Ele é determinado por alguns parâmetros, que são: radiação solar, umidade, temperatura, ventos que variam com as estações do ano. Infelizmente a maioria desses dados não são possíveis de se obter visto que não possuímos uma estação meteorológica na região (KRÜGER; LIMA, 2005).

Para entender melhor as condições climáticas da região de Pau dos Ferros/RN, foi elaborada a Tabela 2 com dados de temperatura máxima média (°C), temperatura média (°C), temperatura mínima média (°C) e precipitações (mm) durante todos os meses de um determinado ano não especificado, dados estes retirados da plataforma digital CLIMATE-DATA.ORG que apresenta dados climáticos de diversas cidades de todo o mundo. A partir dos dados, nota-se a elevada temperatura que o município enfrenta além dos baixos índices pluviométricos durante todo o ano, características do clima semiárido predominante do nordeste do Brasil.

Tabela 2 - Dados climáticos para Pau dos Ferros/RN

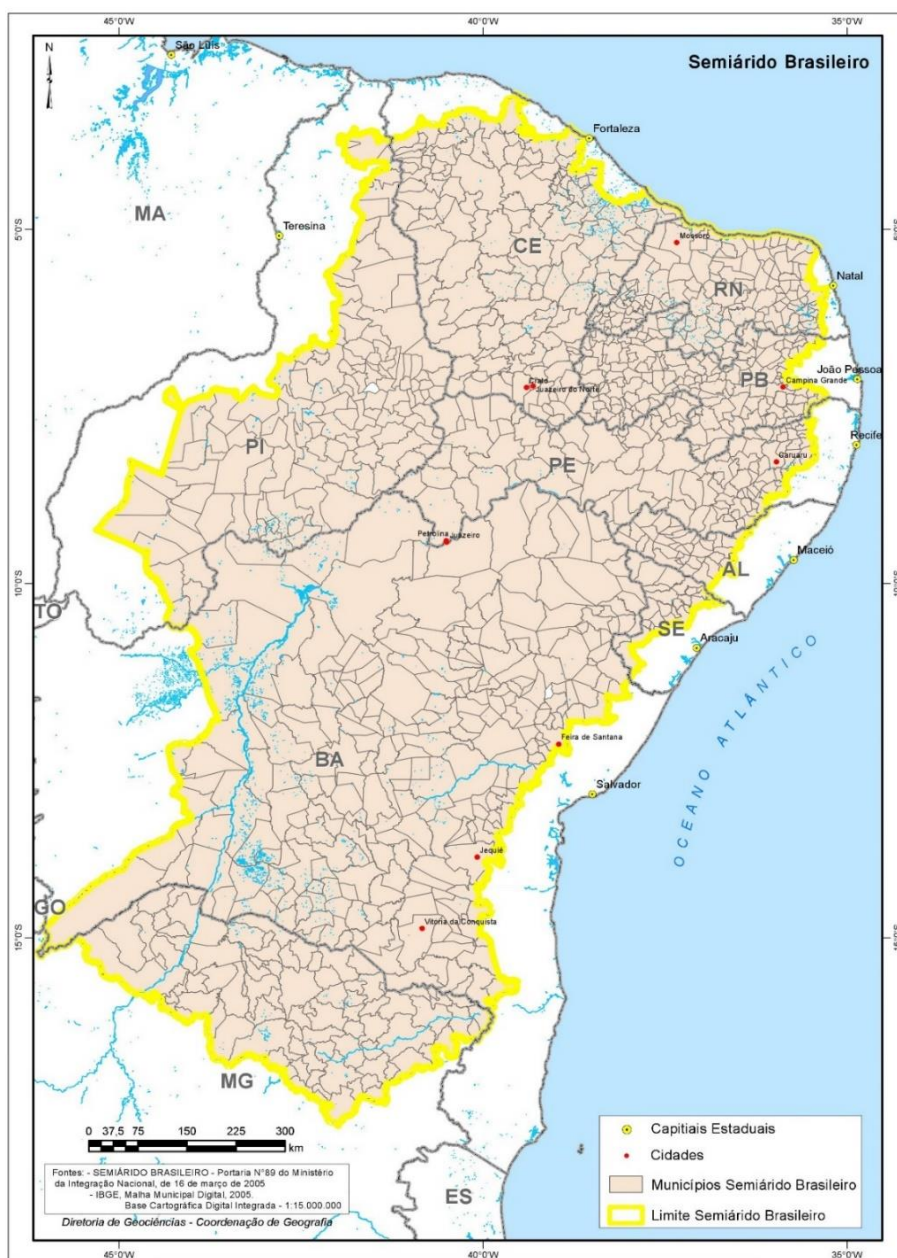
Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano
Temperatura máxima média (°C)	32,8	31,9	30,9	30,5	30,2	30,3	30,8	31,9	32,9	33,5	33,5	33,4	31,9
Temperatura média (°C)	27,6	27,1	26,5	26,2	25,9	25,5	25,6	26,2	27	27,6	27,8	27,9	26,7
Temperatura mínima média (°C)	22,5	22,3	22,2	22	21,6	20,8	20,4	20,5	21,1	21,7	22,1	22,5	21,6
Precipitação (mm)	8	116	227	199	109	40	25	5	4	5	6	23	827

Fonte: CLIMATE-DATA.ORG

O clima do semiárido brasileiro, região do estudo em questão, é pouco diversificado, mesmo considerando a sua grande extensão territorial. Os aspectos de relevo definem alguns locais com maiores altitudes, e, conseqüentemente, microclimas específicos, além disso, a proximidade com o oceano, em alguns locais, resulta na influência das frentes frias e maiores índices pluviométricos, o que não torna o estudo tão complicado visto a baixa mudanças aparentes de temperatura e no clima ao longo do ano (MOURA, 2007). Por outro lado, o clima de uma dada região pode ser determinado pelo padrão das variações dos vários elementos e suas combinações, destacando que os principais elementos climáticos que devem ser considerados no desenho dos edifícios e no conforto humano são: radiação solar, comprimento de onda da radiação, temperatura do ar, umidade, ventos e precipitações (GIVONI, 2000).

Na região do semiárido, que pode ser observada na FIGURA 1, ocorre uma marcante variabilidade interanual da pluviometria, associada aos baixos valores totais anuais pluviométricos sobre a região Nordeste do Brasil, é um dos principais fatores para a ocorrência dos eventos de “secas”, caracterizadas por acentuada redução do total pluviométrico. A variabilidade da pluviometria nesta região está associada a variações de padrões de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) sobre os oceanos tropicais, (NOBRE; MELO, 2001). Ou seja, o semiárido apresenta baixo índice pluviométrico, o que contribui para longos períodos de seca devido à estiagem prolongada, além de suas temperaturas elevadas diante da alta incidência do sol durante a maior parte do dia por não apresentar uma grande densidade de nuvens e poucos ventos.

Figura 1 – Região do semiárido brasileiro



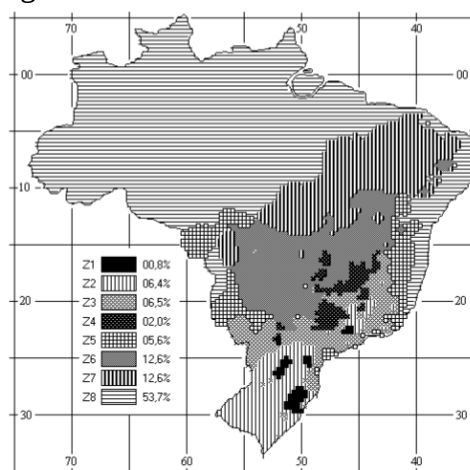
Fonte: Adaptado de IBGE (2005)

A NBR 15.220/2003 estabelece etapas para o cálculo das propriedades térmicas - resistência, transmitância e capacidade térmica, atraso térmico e fator de calor solar - de elementos e componentes de edificações. A norma apresenta o zoneamento bioclimático brasileiro e as diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. O zoneamento bioclimático pode ser entendido como o resultado do cruzamento de dados como: zonas de conforto térmico humano, dados climáticos, estratégias construtivas e de

condicionamento térmico passivo, com o objetivo de estabelecer critérios para otimizar e proporcionar maior conforto térmico nas edificações, através de uma adequação climática.

O zoneamento bioclimático brasileiro é composto por oito diferentes zonas, conforme indica na Figura 2. Tal zoneamento tem com finalidade definir áreas e a partir delas possibilitar um melhor estudo sobre aquela região em relação as suas condições climáticas e suas estratégias construtivas, diante disso, percebe-se sua importância em estudos que tratam das condições climáticas de uma determinada região.

Figura 2 – Zoneamento bioclimático brasileiro



Fonte: ABNT NBR 15220/2003

De acordo com o zoneamento bioclimático brasileiro determinado pela NBR 15.220/2003 a cidade de Pau dos Ferros/RN está localizada na zona bioclimática 7, como visto na Figura 3.

Figura 3 – Zona Bioclimática 7



Fonte: ABNT NBR 15220/2003

Para regiões que estão inseridas nessa zona a norma apresenta algumas recomendações de abertura para ventilação e sombreamento para essas aberturas, além de tipos adequados de vedação externa como mostrado nas Tabelas 3 e 4.

Tabela 3 – Aberturas para ventilação e sombreamento das aberturas para a Zona Bioclimática 7

Aberturas para ventilação	Sombreamento das aberturas
Pequenas	Sombrear aberturas

Fonte: ABNT NBR 15220/2003

Tabela 4 – Tipos de vedações externas para a Zona Bioclimática 7

Vedações externas
Parede: Pesada
Cobertura: Pesada

Fonte: ABNT NBR 15220/2003

A norma demonstra valores de transmitância térmica, capacidade térmica e atraso térmico de alguns tipos de paredes e coberturas, além de demonstrar uma forma de encontrar o fator de calor solar. Estas propriedades têm grande influência no desempenho térmico da edificação e podem ser definidas como:

- U - transmitância térmica é o fluxo de calor que atravessa a parede ou vidro da edificação, medida em $W/(m^2.K)$;
- C_T - 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;
- φ - 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 (NBR 15220/2003).
- FSo – fator de calor solar é o fator de ganho de calor solar de elementos opacos;

De acordo com a NBR 15.220, a mesma indica que as paredes externas sejam pesadas e cobertura pesada. A classificação de parede e cobertura pesada está relacionada com o fato da parede atenuar o calor externo durante o dia, armazená-lo em seu interior, e fazer com que a temperatura interna torne-se mais elevada durante a noite, ou seja, está relacionada com a capacidade da parede em transmitir de um ambiente a outro calor. Na Tabela 5 estão especificados os valores de transmitância térmica, atraso térmico e fator de calor solar para que tais vedações externas, parede e cobertura, se enquadrem nas exigências da norma.

Tabela 5 – Tipo de vedações e seus respectivos valores de transmitância térmica, atraso térmico e fator de calor solar.

Vedações externas	Transmitância térmica U (W/m ² .K)	Atraso térmico ϕ (horas)	Fator de calor solar FSO (%)
Parede Pesada	$U \leq 2,20$	$\phi \geq 6,5$	$FSO \leq 3,5$
Cobertura Pesada	$U \leq 2,00$	$\phi \geq 6,5$	$FSO \leq 6,5$

Fonte: ABNT NBR 15220/2003

Na classificação dos materiais para posterior comparação com os parâmetros indicados para sua respectiva Zona Bioclimática, foram comparados os dados da transmitância térmica, atraso térmico e fator de calor solar dos materiais utilizados nas parede e cobertura das habitações. Para o cálculo do fator de calor solar (FSO) foi utilizada Equação 1, que pode ser encontrada na NBR 15.220/2003.

$$FSO = 4 * U * \alpha \quad (1)$$

Onde:

- U = transmitância térmica;
- α = absorptância térmica, que é a razão entre o fluxo da radiação absorvida por uma superfície e o fluxo incidente sobre a mesma;

De acordo com a norma a absorptância térmica é classificada em função da cor da pintura utilizada na determinada parede a ser avaliada. Na região costuma-se utilizar a cor branca, principalmente na parte externa dos imóveis, sendo assim, utilizaremos $\alpha = 0,20$ visto que todas as casas do estudo apresentaram coloração semelhante.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo serão apresentados os materiais e métodos para o desenvolvimento do trabalho, bem como o procedimento de execução, caracterizando as edificações, a localização das habitações do estudo, bem como os instrumentos de coleta de dados e análise. O método pode ser compreendido como um conjunto de ações bem definidas que conduzem a conclusões específicas.

O tipo de pesquisa utilizada foi a pesquisa qualitativa, que objetiva qualificar com base em observações as condições do objeto de estudo, e classifica-lo de acordo com determinados parâmetros. O método empregado foi uma revisão bibliográfica fundamentada no estudo de referências primárias (normas técnicas e documentos governamentais, especificamente a NBR 15.220/2013 e dados de órgãos governamentais com o IBGE) e referências secundárias de autores de grande renome (artigos, monografias, entre outros).

Posteriormente foi efetuada uma pesquisa de campo para a coleta de dados, que foram: levantamento físico para elaboração dos croquis, análise da orientação do imóvel, quantificação das aberturas, análise expedita dos materiais e acabamentos, entre outros. Também se deu a aplicação de questionários com perguntas fechadas aos moradores dos imóveis. É importante destacar que não foram realizados os procedimentos estatísticos para a determinação da amostra, visto que, como o objetivo da pesquisa é restrito ao caso de residências unifamiliares, constata-se que os casos escolhidos servem como um parâmetro para o restante dos imóveis que se enquadram nessa categoria. É importante ressaltar que, os resultados para outros imóveis não serão iguais, porém espera-se que convirjam para conclusões aproximadas e que os resultados deste trabalho possam servir como elemento de comparação.

3.1 Materiais utilizados

Com a finalidade de obter os dados desejados foram realizadas visitas aos locais das edificações já construídas para o levantamento físico das dimensões das habitações, bem como para consultar junto aos moradores quais os tipos de materiais usados nas construções e analisar também os tipos de cobertura.

A análise das edificações por meio de visita técnica tem por finalidade classificar as habitações de acordo com a ABNT NBR 15.220/2003 a partir dos tipos de materiais que constituem a habitação e os seus subsistemas analisados, visto que para cada tipo de vedação, por exemplo, são previstos desempenhos diferentes. Da mesma forma acontece com o tipo de vedação e a quantidade de aberturas em relação à área dos ambientes do imóvel, que vai contribuir para o desempenho térmico a depender da Zona Bioclimática em que a habitação se encontra, no estudo em questão, a Zona Bioclimática 7.

A aplicação do questionário busca obter dados relativos à aspectos construtivos (vedações, aberturas e coberturas) e também as sensações térmicas a partir do conforto térmico de acordo com a opinião dos moradores tanto em épocas de verão quanto de inverno.

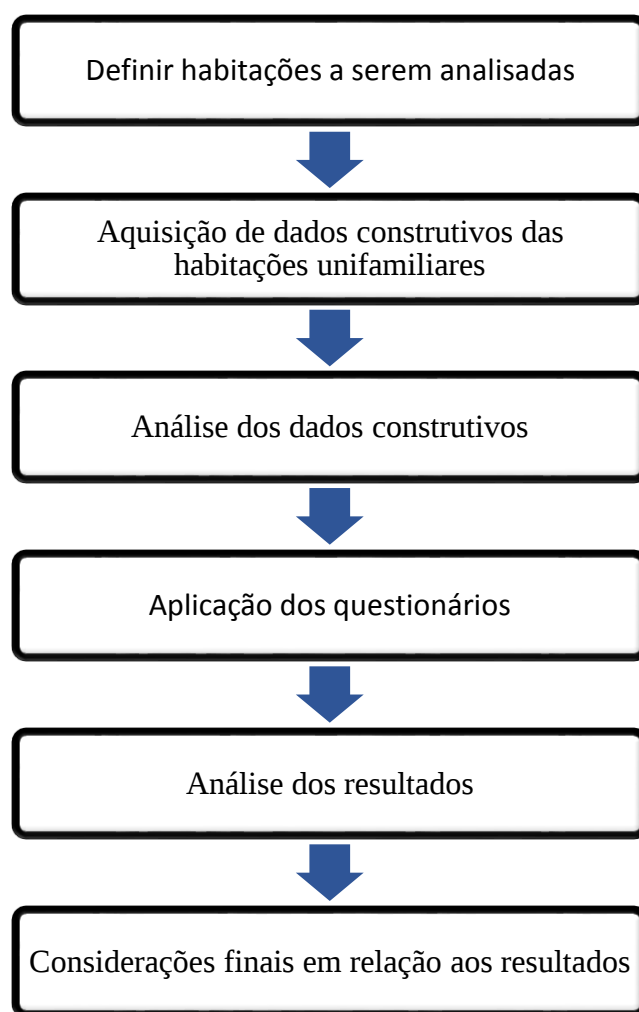
3.2 Método de pesquisa

As etapas da pesquisa foram as seguintes:

- I. Análise bibliográfica sobre os temas relacionados a residências unifamiliares, sua importância, o conceito de moradia e o conforto como aspecto essencial da habitação, o conceito de conforto térmico e seus tópicos relacionados, como o clima e sua influência no homem (bioclimatologia), além dos aspectos construtivos relacionados ao conforto térmico (vedações, aberturas e cobertura).
- II. Escolha dos objetos de estudo, ou seja, habitações unifamiliares construídas em Pau dos Ferros/RN, onde foi possível caracterizar os materiais utilizados no processo construtivo dos sistemas de fechamento e cobertura, para que se apliquem os critérios da norma de conforto térmico (ABNT NBR 15220/2003).
- III. Coleta de dados para análise das habitações de acordo com a Norma de Desempenho Térmico; através da aplicação de questionários e visitas técnicas às residências unifamiliares.
- IV. Análise dos resultados obtidos através das análises feitas de acordo com a norma e proposição de medidas de melhoria para os casos estudados.

Na Figura 4, é possível observar o procedimento seguido para a obtenção dos dados das edificações.

Figura 4 – Sequência de procedimentos do estudo



Fonte: Autor (2018)

3.3 Localização das habitações do estudo

No processo de planejamento do trabalho foram escolhidas habitações em bairros distintos no município de Pau dos Ferros/RN. Tal escolha levou em consideração a diferenciação dos imóveis quanto a sua forma de construção e em relação a técnicas de vedação e cobertura utilizadas. As edificações selecionadas podem ser vistas através de

imagens do Google Maps, que é um software de obtenção de imagens aéreas, conforme pode ser visto nas Figuras 5 e 6.

Figura 5 – Localização casas 01 e 02 no Bairro São Judas Tadeu



Fonte: Google Maps (2018)

Figura 6 – Localização casas 03 e 04 no Bairro João XXIII



Fonte: Google Maps (2018)

3.4 Aplicação do questionário

Através da aplicação de um questionário (Apêndice A) com um morador de cada habitação envolvida no estudo foi possível obter médias de conforto térmico de acordo com as sensações térmicas dos moradores. A sensação do conforto térmico dos moradores pôde ser obtida através de uma média das notas obtidas nos períodos de verão e inverno através do questionário que apresentava as seguintes notas com suas respectivas definições, como mostrado abaixo:

- 1 – Muito confortável;
- 2 – Confortável;
- 3 – Neutro;
- 4 – Desconfortável;
- 5 – Muito desconfortável.

Com a finalidade de fazer um comparativo entre o desempenho térmico no verão e no inverno nas habitações estudadas, foi obtido dados relativos às técnicas construtivas (aberturas: portas e janelas e coberturas: telhado com forro ou sem forro) através de uma média com umas notas contraídas no questionário, tendo as notas suas respectivas definições como mostrado abaixo:

- 1 – Concordo;
- 2 – Concordo um pouco;
- 3 – Indiferente;
- 4 – Não concordo;
- 5 – Não concordo em nada.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção serão apresentados e discutidos os resultados referentes aos dados tabulados, obtidos a partir de visitas técnicas e projetos arquitetônicos, dados esses referentes a tipos de materiais empregados, dimensões de aberturas e técnicas construtivas adotadas de acordo com as recomendações da ABNT NBR 15.220/2003.

4. 1 Análise dos materiais da parede e cobertura

No Bairro São Judas Tadeu foram analisadas (02) duas residências já construídas há aproximadamente 10 anos, com técnicas construtivas rudimentares, sem projeto arquitetônico e sem acompanhamento de profissionais legalmente habilitados, com fechamento vertical utilizando tijolos de 8 furos revestidos com reboco simples, número razoável de aberturas para ventilação, ambientes bem espaçosos e cobertura com trama em madeira e telhas de barro e forro de gesso.

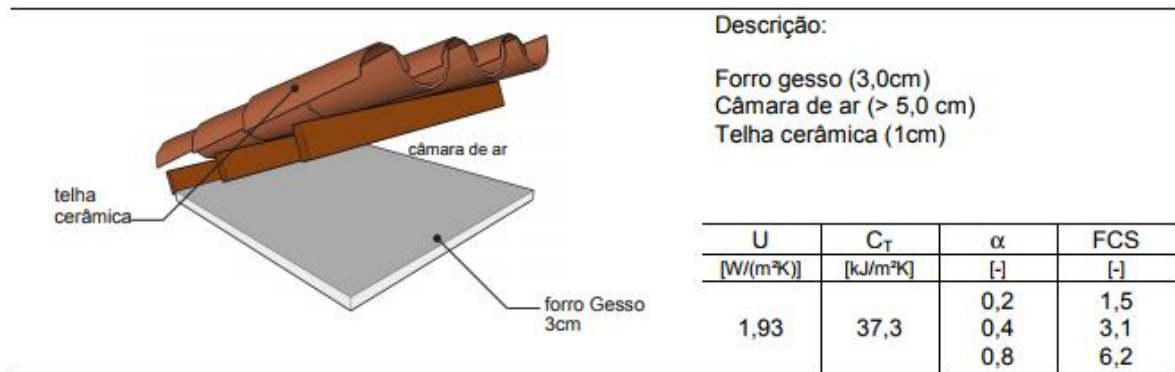
Já no Bairro João XXIII foram analisadas (02) duas residências construídas há aproximadamente 20 anos, com técnicas construtivas rudimentares, sem projeto arquitetônico e sem acompanhamento de profissional legalmente habilitado, com fechamento vertical utilizando tijolos de maciços revestidos com reboco simples e assentados na sua maior dimensão, número razoável de aberturas para ventilação, ambientes bem espaçosos e cobertura em telhado de barro sem forro.

As residências unifamiliares localizadas no Bairro São Judas Tadeu apresentam paredes de tijolo de 8 furos circulares com espessura de 10x20x20cm assentados na menor dimensão (10cm), espessura da argamassa de assentamento de 1cm, espessura da massa de chapisco com reboco de 2,5cm sendo a espessura total da parede de 15cm. Como podemos comprovar através das imagens obtidas in loco no APÊNDICE D que mostram em algumas partes inacabadas ou deterioradas da edificação, as dimensões dos tijolos. A cobertura foi executada com telha de barro com espessura de 1cm e forro de gesso com espessura de 3cm.

Sabendo que a norma não especifica valores para coberturas que apresentam forro de gesso foi utilizado o estudo da Arquiteta Claudia Morishita com outros pesquisadores da área, que através da propriedade térmica dos materiais obteve índices de transmitância térmica e

fator de calor para coberturas em telha de barro com forro de gesso como mostrado na Figura 7, o atraso térmico foi calculado através do procedimento indicado pela norma por meio da espessura e do índice de condutividade térmica dos materiais do caso em questão.

Figura 7 – Propriedades térmicas do telhado com forro de gesso



Fonte: MORISHITA et al (2010)

Como estamos considerando $\alpha = 0,20$, então nota-se pela Figura 7 que utilizaremos $FCS = FSo = 1,5$. Como no caso de telhado com forro de gesso, a norma não prevê suas respectivas propriedades térmicas, foi necessário obter o ϕ (atraso térmico) através da Equação 2:

$$\phi = 1,382 \cdot R_t \cdot \sqrt{B_1 + B_2} \quad (2)$$

Sendo,

ϕ = atraso térmico;

R_t = resistência térmica de superfície a superfície do componente;

CT = Capacidade térmica de um componente;

CText = Capacidade térmica do componente externo.

Onde;

$$B_1 = 0,226 \cdot \frac{B_0}{R_t};$$

$$B_2 = 0,205 \cdot \left(\frac{\lambda \cdot \rho \cdot c_{\text{telha cerâmica}}}{R_t} \right) \cdot \left(R_{\text{telha cerâmica}} - \frac{R_t - R_{\text{telha cerâmica}}}{10} \right);$$

$$B_0 = CT - CText.$$

Para encontrarmos a resistência térmica de superfície a superfície do componente (R_t) é necessário conhecer a espessura e a condutividade térmica de cada material e inserir os valores na expressão:

$$R_t = \frac{e_{\text{telha cerâmica}}}{\lambda_{\text{telha cerâmica}}} + R_{ar} + \frac{e_{\text{gesso}}}{\lambda_{\text{gesso}}} \quad (3)$$

Onde;

e = Espessura;

λ = Condutividade térmica.

Sendo;

$e_{\text{telha cerâmica}} = 0,01\text{m}$;

$\lambda_{\text{telha cerâmica}} = 1,05 \text{ w/(mk)}$; (ver Tabela 7)

$e_{\text{gesso}} = 0,03\text{m}$;

$\lambda_{\text{gesso}} = 0,35 \text{ w/(mk)}$; (ver Tabela 7)

$R_{ar} = 0,21 \text{ m}^2\text{k/w}$. (ver Tabela 6)

A resistência térmica a câmara de ar não ventiladas (R_{ar}) foi obtida através da Tabela B.1 da NBR 15.220/2003 como mostrado na Tabela 6 a seguir. Tendo a emissividade da telha de barro definido entre 0,85/0,95 através da Tabela B.2 da NBR 15.220/2003.

Tabela 6– Resistência térmica das câmaras de ar não ventiladas, com largura muito maior que a espessura de acordo com a NBR 15.220/2003

Natureza da superfície da câmara de ar	Espessura “e” da câmara de ar cm	Resistência térmica – R_{ar} ($\text{m}^2\text{k/w}$)		
		Direção do fluxo de calor		
		Horizontal	Ascendente	Descendente
				
Superfície de alta emissividade $\varepsilon > 0,8$	$1,0 \leq e \leq 2,0$	0,14	0,13	0,15
	$2,0 < e \leq 5,0$	0,16	0,14	0,18
	$e > 50$	0,17	0,14	0,21
Superfície de baixa emissividade $\varepsilon < 0,2$	$1,0 \leq e \leq 2,0$	0,29	0,23	0,29
	$2,0 < e \leq 5,0$	0,37	0,25	0,43
	$e > 50$	0,34	0,27	0,61

Fonte: Adaptado da ABNT NBR 15220/2003

Na Tabela 7 estão expressos os dados necessários para a realização do cálculo da resistência térmica de superfície a superfície do componente (R_t)

Tabela 7 – Densidade de massa aparente (ρ), condutividade térmica (λ) e calor específico (c) do material cerâmico e gesso de acordo com a NBR 15220/2003

Material	ρ (kg/m ³)	λ (w/(mk))	c (KJ/(kg.K))
Cerâmica			
Tijolos e telhas de barro	1000-1300	0,70	0,92
	1300-1600	0,90	0,92
	1600-1800	1,00	0,92
	1800-2000	1,05	0,92
Gesso			
Placa de gesso; gesso cartonado	750-1000	0,35	0,84

Fonte: Adaptado de ABNT NBR 15220/2003

- Cálculo dos coeficientes B_1 , B_2 e B_0 .

$$B_0 = CT - C_{Text} \quad (4)$$

$$B_0 = 37,3 - (0,01 \cdot 0,92 \cdot 1900) = 37,3 - 17,48$$

$$B_0 = 19,82$$

$$B_1 = 0,226 \cdot \frac{B_0}{R_t} \quad (5)$$

$$B_1 = 0,226 \cdot \frac{19,82}{0,31} = 0,226 \cdot 63,94$$

$$B_1 = 14,45$$

$$R_{\text{telha cerâmica}} = \frac{e_{\text{telha cerâmica}}}{\lambda_{\text{telha cerâmica}}} \quad (6)$$

$$R_{\text{telha cerâmica}} = \frac{0,01}{1,05} = 0,010$$

$$B_2 = 0,205 \cdot \left(\frac{\lambda \cdot \rho \cdot c_{\text{telha cerâmica}}}{R_t} \right) \cdot \left(R_{\text{telha cerâmica}} - \frac{R_t - R_{\text{telha cerâmica}}}{10} \right) \quad (7)$$

$$B_2 = 0,205 \cdot \left(\frac{0,01 \cdot 0,92 \cdot 1900}{0,31} \right) \cdot \left(0,010 - \frac{0,31 - 0,010}{10} \right)$$

$$B_2 = 0,205 \cdot 73,16 \cdot (-0,29)$$

$$B_2 = -4,35$$

B_2 é desconsiderado pois resultou em um valor negativo

Assim, a partir da Equação 3 obtemos $R_t = 0,31$ (m² k) /W, segundo o artigo de MORISHITA et al (2010), temos $C_T = 37,3$ KJ/m²K, logo em seguida foi obtido os valores de

B_0 , B_1 e B_2 . Sendo assim, substituindo os valores na Equação 2, temos o valor do atraso térmico (ϕ) em horas, da cobertura em telha de barro com forro de gesso:

$$\phi = 1,382 \cdot R_t \cdot \sqrt{B_1 \cdot B_2}$$

$$\phi = 1,382 \cdot 0,31 \cdot \sqrt{14,45}$$

$$\phi = 1,6 \text{ (horas)}$$

Assim, para a utilização de tais materiais apresentados temos os seguintes valores expressos na Tabela 8 e retirados da norma para transmitância térmica, atraso térmico e fator de calor, nas habitações localizadas no Bairro São Judas Tadeu.

Tabela 8 – Propriedades térmicas das vedações externas das habitações unifamiliares no Bairro São Judas Tadeu

Vedações externas	Transmitância térmica U (W/m².k)	Atraso térmico ϕ (horas)	Fator de calor solar FSO (%)
Parede	2,24	3,7	3,5
Cobertura	1,93	1,6	1,5

Fonte: ABNT NBR 15220/2003

Já para as residências unifamiliares localizadas no Bairro João XXIII, as mesmas apresentam paredes de tijolo de maciços com espessura de 10x6x22cm assentados na maior dimensão (22cm), espessura da argamassa de assentamento de 1cm, espessura da massa de chapisco com reboco de 2,5cm sendo a espessura total da parede de 27cm. Como podemos comprovar através das imagens obtidas in loco no APÊNDICE E que mostram em algumas partes inacabadas ou deterioradas da edificação, as dimensões dos tijolos A cobertura foi executada com telha de barro com espessura de 1cm e sem forro. As propriedades térmicas indicadas pela norma para esse caso estão expressas na Tabela 9.

Tabela 9 – Propriedades térmicas das vedações externas das habitações unifamiliares no Bairro João XXIII

Vedações externas	Transmitância térmica U (W/m².k)	Atraso térmico ϕ (horas)	Fator de calor solar FSO (%)
-------------------	-------------------------------------	----------------------------------	---------------------------------

Parede	2,25	6,8	1,8
Cobertura	4,55	0,3	3,6

Fonte: ABNT NBR 15220/2003

Analisando os valores da Tabela 8 e da Tabela 9 e comparando-os com os valores da Tabela 5, observamos que a maioria dos parâmetros anteriores não foram atendidos, portanto, as paredes e a cobertura não podem ser classificadas como pesadas como indicado para habitações localizadas na Zona Bioclimática 7, tanto para as habitações localizadas no Bairro São Judas Tadeu como no caso das habitações localizadas no Bairro João XXII.

Buscando uma solução para os dois tipos de construção mostrados nas Tabelas 8 e 9 pode-se considerar a utilização de tijolos de 8 furos circulares com espessura de 10x20x20cm, espessura da argamassa de assentamento de 1cm, espessura da massa de chapisco com reboco de 2,5cm, podemos listar uma forma de conseguir a classificação indicada pela norma, no caso das paredes, que seria assentar os tijolos na maior dimensão (20cm) em uma parede dupla aumentando a espessura da parede de 15cm para 46cm, obtendo uma transmitância térmica $U = 0,98$ (W/m².k), atraso térmico $\phi = 10,8$ horas e fator de calor solar $FS_o = 0,78$ %.

Outra alternativa que diminuiria os custos da obra seria a utilização de tijolos de 6 furos circulares com espessura de 10x15x20cm assentados na maior dimensão (20cm) espessura da argamassa de assentamento de 1cm, espessura da massa de chapisco com reboco de 2,5cm em uma parede dupla, aumentando a espessura total de 15cm para 36cm, obtendo uma transmitância térmica $U = 1,21$ (W/m².k), atraso térmico $\phi = 8,6$ horas e fator de calor solar $FS_o = 0,97$ %.

Em relação a cobertura, comparando os valores da Tabela 8 e da Tabela 9 com os valores da Tabela 5, a mesma não se encontra compatível com os valores indicados na norma. Uma solução seria a utilização de uma cobertura de telha de barro com espessura de 1cm com laje de concreto de 20cm, obtendo uma transmitância térmica $U = 1,84$ (W/m².k), atraso térmico $\phi = 8,0$ horas e fator de calor solar $FS_o = 1,47$ %. Ou ainda, a utilização de uma cobertura de telha de fibro-cimento com espessura de 0,7cm e laje de concreto de 20cm, obtendo uma transmitância térmica $U = 1,99$ (W/m².k), atraso térmico $\phi = 7,9$ horas e fator de calor solar $FS_o = 1,59$ %. Uma análise geral das soluções está expressa na Tabela 10.

Tabela 10 – Possíveis soluções para as propriedades térmicas das vedações externas das habitações futuras no município de Pau dos Ferros/RN

Vedações externas	Transmitância térmica U (W/m ² .k)	Atraso térmico ϕ (horas)	Fator de calor solar FS _o (%)
Indicado na NORMA			
Parede	$U \leq 2,20$	$\phi \geq 6,5$	FS _o $\leq 3,5$
Cobertura	$U \leq 2,20$	$\phi \geq 6,5$	FS _o $\leq 6,5$
SOLUÇÃO 1: Tijolos de 8 furos assentados na sua maior dimensão			
Parede	$U \leq 0,98$	$\phi \geq 10,8$	FS _o $\leq 0,78$
SOLUÇÃO 2: Tijolos de 6 furos assentados na sua maior dimensão			
Parede	$U \leq 1,21$	$\phi \geq 8,6$	FS _o $\leq 0,97$
SOLUÇÃO 3: Telhado de telha de barro com laje de concreto de 20cm			
Cobertura	$U \leq 1,84$	$\phi \geq 8,0$	FS _o $\leq 1,47$
SOLUÇÃO 4: Telhado de telha de fibro-cimento com laje de concreto de 20cm			
Cobertura	$U \leq 1,99$	$\phi \geq 7,9$	FS _o $\leq 1,59$

Fonte: Autor (2018)

4.2 Análise das dimensões das aberturas

Para as edificações localizadas em Pau dos Ferros/RN que está localizada na Zona Bioclimática 7, de acordo com a NBR 15.220/2003, a mesma indica que as aberturas para ventilação pequenas e com sombreamento nas aberturas, na Tabela 11 estão especificados os valores de aberturas pequenas para ventilação de acordo com relação da porcentagem da área das aberturas com a porcentagem do piso do cômodo da habitação.

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: ABNT NBR 15.220/2003

A seguir são representados os dados das aberturas das habitações no Bairro São Judas Tadeu na Tabela 12 e do Bairro João XXIII na Tabela 13 para sala e quartos, visto que esses ambientes são locais de maior permanência das pessoas em uma residência.

Tabela 12 – Classificação de aberturas para ventilação das residências do Bairro São Judas Tadeu

Cômodo	Área das aberturas (m²)	Área do piso (m²)	A (em % da área do piso)	Classificação
Sala	2,24	14	16	Abertura média
Quarto 1	2,24	11,53	19,4	Abertura média
Quarto 2	2,24	9,9	22,6	Abertura média
Quarto 3	2,24	9,9	22,6	Abertura média

Fonte: Autor (2018)

Tabela 13 – Classificação de aberturas para ventilação das residências do Bairro João XXIII

Cômodo	Área das aberturas (m²)	Área do piso (m²)	A (em % da área do piso)	Classificação
Sala	2,24	18	12,4	Abertura pequena
Quarto 1	2,24	9	24,8	Abertura média
Quarto 2	2,24	9	24,8	Abertura média

Fonte: Autor (2018)

De acordo com os dados obtidos em visita técnica e apresentados acima, vimos que a maioria dos casos está em desacordo com as especificações da NBR 15.220/2003 onde a maioria dos casos a abertura encontrada para cada ambiente foram aberturas médias, apenas

no caso da sala das casas localizadas no Bairro João XXIII observou-se uma abertura pequena, classificação indicada para a zona bioclimática em que a residência faz parte.

4.3 Dados obtidos através de questionário

Na Tabela 14 são apresentados os dados obtidos com o questionário nas edificações no Bairro São Judas Tadeu e do Bairro João XXIII com suas respectivas características de suas técnicas construtivas sobre o desempenho térmico nos períodos de verão e inverno.

Tabela 14 –Notas obtidas através do questionário aplicado nas edificações

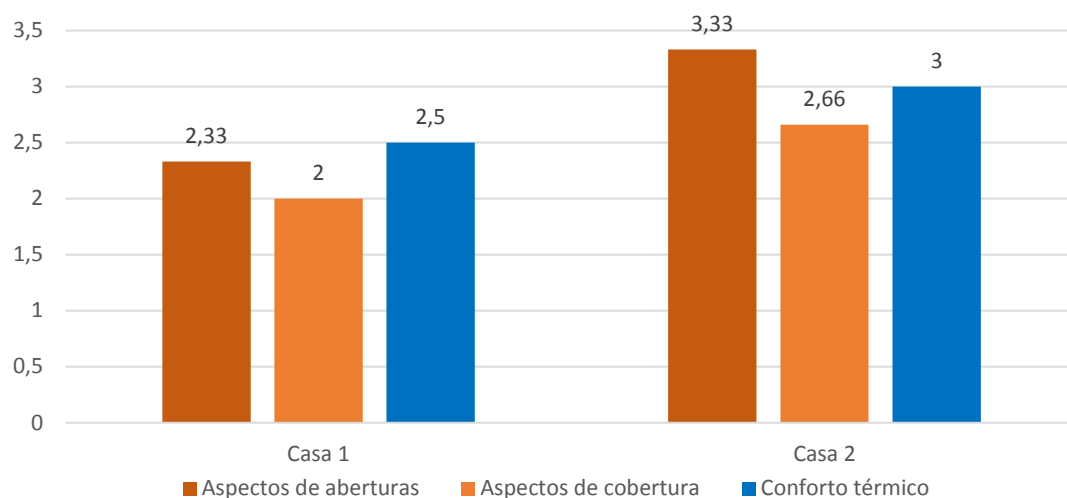
Habitações	Vedações	Cobertura	Conforto (Verão)	Conforto (Inverno)
Casa 1	Tijolos de 8 furos	Telhas de barro e forro de gesso	3	2
Casa 2	Tijolos de 8 furos	Telhas de barro e forro de gesso	4	2
Casa 3	Tijolos maciços	Telhas de barro	4	2
Casa 4	Tijolos maciços	Telhas de barro	4	2

Fonte: Autor (2018)

Percebe-se que todas as edificações apresentam conforto térmico indicado como confortável de acordo com os moradores a partir da aplicação do questionário, já durante o verão apenas a Casa 1 não classificou o conforto térmico como desconfortável no verão, classificando o desempenho nessa época do ano como neutro, ou seja, não pode ser tido como confortável nem desconfortável.

Considerando os resultados obtidos de desempenho térmico nos períodos de verão e inverno e o desempenho térmico a partir dos seus aspectos construtivos indagados a partir do questionário, podemos expressar médias pra cada edificação que estão expressas no Gráfico 2.

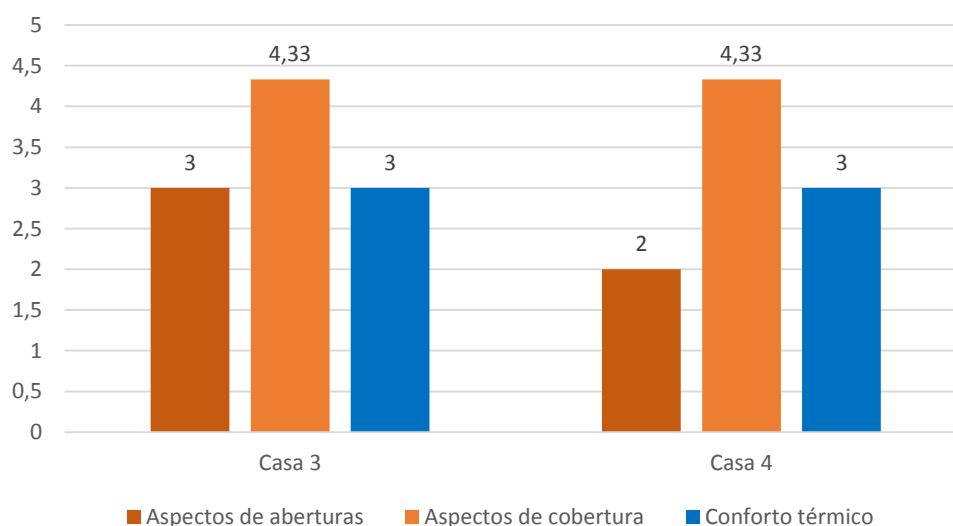
Gráfico 2 – Desempenho das residências do Bairro São Judas Tadeu



Fonte: Autor (2018)

Ainda considerando os dados obtidos de desempenho térmico nos períodos de verão e inverno e o desempenho térmico a partir dos seus aspectos construtivos indagados a partir do questionário, podemos expressar tais dados no Gráfico 3.

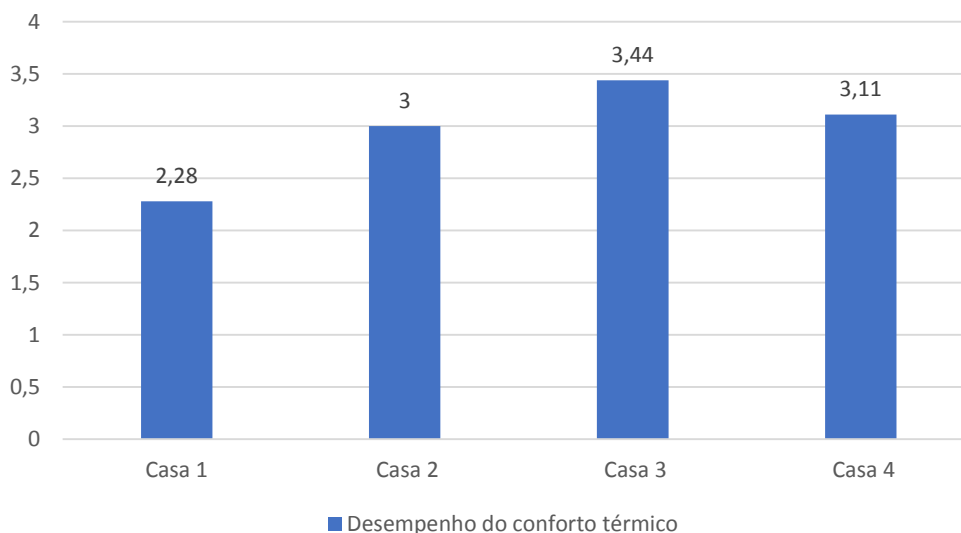
Gráfico 3 – Desempenho das residências do Bairro João XXIII



Fonte: Autor (2018)

Com todos os dados obtidos, tanto do Bairro São Judas Tadeu quanto do Bairro João XXIII obteve-se uma média das notas de conforto térmico tanto em relação aos aspectos construtivos quanto aos períodos de inverno e verão do ano, como mostrado no Gráfico 4.

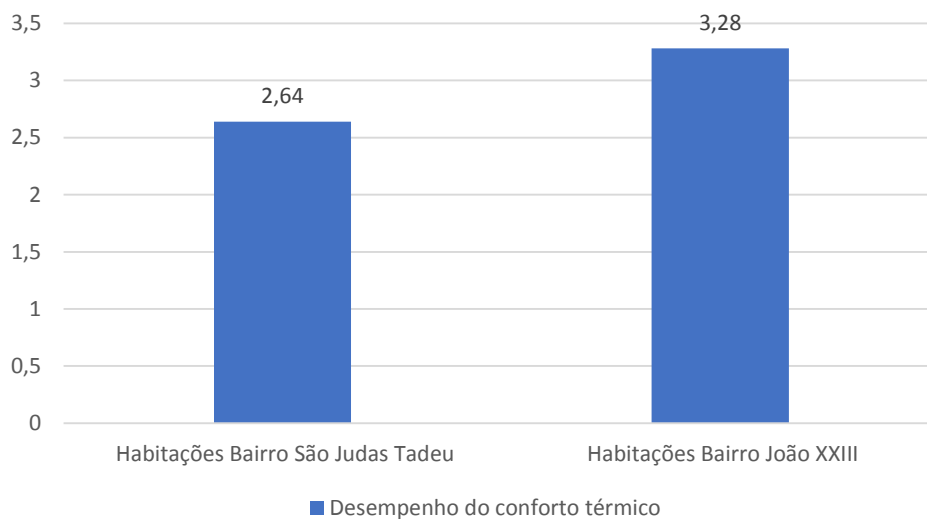
Gráfico 4 – Média dos valores de desempenho de conforto térmico das habitações envolvidas no estudo



Fonte: Autor (2018)

Levando em consideração as características construtivas das edificações do Bairro São Judas Tadeu (tijolos de 8 furos e cobertura com telhas de barro e forro de gesso) e do Bairro João XXIII (tijolos maciços e cobertura de telhas de barro sem forro) obteve-se uma média geral para cada tipo de edificação, expressas no Gráfico 5, de desempenho do conforto térmico afim de comparar as diferentes técnicas construtivas.

Gráfico 5 – Média dos valores de desempenho de conforto térmico das habitações com diferentes técnicas construtivas



Fonte: Autor (2018)

Assim, diante dos valores do desempenho térmico obtidos a partir dos aspectos construtivos e do conforto térmico obtemos o índice de desempenho de conforto térmico para as habitações localizadas nos dois bairros estudados e com diferentes técnicas construtivas percebendo que as edificações do Bairro João XXII apresentaram um maior índice de desconforto em relação ao desempenho térmico em relação às edificações do Bairro São Judas Tadeu.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como abordado ao longo deste trabalho, verifica-se que o conforto ambiental está relacionado com o êxito em proporcionar aos usuários de uma edificação, condições de bem-estar. Desse modo, verifica-se que o conforto está mais ligado a sensação dos ocupantes, enquanto que o desempenho é a quantificação do conforto, através de métodos bem definidos em normas técnicas. É notória a preocupação da nova geração de profissionais da engenharia e da arquitetura em agregar maior quantidade de elementos que venham a contribuir para um projeto eficiente em todas as suas vertentes.

Um fator que deve ser ressaltado em relação às habitações unifamiliares envolvidas no estudo refere-se ao fato de que nenhuma das edificações apresentou acompanhamento nem em fase de projeto e/ou execução por qualquer engenheiro ou arquiteto. As edificações foram construídas levando em consideração as preferências dos proprietários dos imóveis bem como suas necessidades. Em relação aos materiais e técnicas construtivas três fatores contribuem para sua escolha: a acessibilidade, a economia e qualidade. Assim, os processos de execução da obra são em sua maioria considerados a partir da experiência do mestre da obra ou pedreiro responsável não levando em consideração especificações de norma qualquer.

Diante das quatro habitações unifamiliares analisadas no estudo, os índices de desempenho do conforto térmico não foram atendidos por nenhuma delas, a partir dos seus tipos de cobertura, vedações e tipo de tijolos para alvenaria utilizados e também atendendo ao parâmetro da norma em relação à zona bioclimática em que se encontra.

A partir da aplicação do questionário, já havendo o conhecimento de que todas as habitações não atenderam à NBR 15.220/2003, portanto, não desempenhando um conforto térmico ideal, duas delas apresentaram uma sensação de desempenho do conforto térmico, segundo os moradores, um pouco melhor em relação às outras duas. A diferença entre àquelas que apresentaram um desempenho melhor do que as outras está relacionada à cobertura, que apresenta um forro de gesso além de tijolos de barro de 8 furos circulares enquanto a outra não apresenta nenhum tipo de forro, apenas a cobertura de telha e tijolos cerâmicos maciços.

Em relação aos períodos do ano, as notas de conforto térmico para o período do inverno foram na sua unanimidade boas, notas atribuídas ao longo período de calor e altas temperaturas que a região enfrenta e são amenizadas justamente nessa época. Em contrapartida no período do verão as notas foram ruins visto o desconforto térmico causado

tanto pela intensidade do calor quanto por algumas técnicas construtivas em desacordo com a NBR 15.220/2003.

Portanto, como indicado na norma as edificações deveriam apresentar paredes pesadas, as paredes pesadas transmitem menos calor de um ambiente para outro, essa técnica no caso da região do estudo é algo imprescindível para manter o conforto térmico no interior das habitações, principalmente se utilizada nas paredes externas, visto as elevadas temperaturas durante grande parte do ano. Também deveriam apresentar telhado com laje, por exemplo, como uma forma de manter a diferença de temperatura na câmara entre o telhado e o forro de laje, não transmitindo calor para o ambiente interno.

Outra especificação que não foi observada em nenhuma edificação foram as pequenas aberturas de ventilação que devem existir devido uma menor troca de calor com a área externa durante o verão devido às elevadas temperaturas da região e também para manter o calor interno das edificações durante o inverno. Na maioria dos ambientes as aberturas foram consideradas médias.

Diante da conclusão do estudo algumas medidas poderiam ser tomadas, tais como, orientação aos mestres de obra, empresas construtoras, populares e construtores em si da região em relação às técnicas construtivas indicadas para a região, bem como os seus benefícios para o conforto térmico de quem irá habitá-la. Incentivo à produção de uma maior diversidade de materiais adequados para tais técnicas construtivas, diante da baixa variedade nos tipos de tijolos e telhas, disponíveis no mercado da região.

REFERÊNCIAS

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

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-2: Desempenho Térmico de Edificações - parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações**. Rio de Janeiro, 2005.

ARANTES, B. **Conforto térmico em habitações de interesse social – Um estudo de caso** / Beatriz Arantes, 2012.

LANHAM, A. GAMA, P. BRAZ, R. “**Arquitetura Bioclimática – perspectivas de inovação e futuro**”. Seminários de Inovação, IST – Instituto Superior Técnico. Universidade Técnica de Lisboa. Portugal. Junho, 2004.

ASSIS et al., 2007. **Habitação Social e Eficiência Energética: Um Protótipo para o Clima de Belo Horizonte**. Anais....II Congresso Brasileiro de Eficiência Energética. IICBEE. Vitória. Espírito Santo – ES, Brasil, 2007.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Assistência à Saúde. Série Saúde & Tecnologia — **Textos de Apoio à Programação Física dos Estabelecimentos Assistenciais de Saúde — Sistemas de Controle das Condições Ambientais de Conforto**. -- Brasília, 1995. 92 p.

CLIMATE-DATA.ORG. **Clima: Pau dos Ferros**. Disponível em: <<http://pt.climate-data.org/location/42553/>> Acesso em: 29 de janeiro de 2018.

DOULOS, L. M.; SANTAMOURIS, L. I. Passive cooling of outdoor urban spaces: the role of materials. In.: **Solar Energy**, Número 77, 2004. p. 231-249.

FERNANDES, J. T. **Código de Obras e Edificações do DF: inserção de conceitos bioclimáticos, conforto térmico e eficiência energética**. Dissertação de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo – Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília. 249p. Brasília, 2009.

FIALHO, E.S. **Ilha de calor em cidade de pequeno porte: Caso de Viçosa na Zona da Mata Mineira**. Tese (Doutorado em Geografia física), Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade Estadual de São Paulo, 2009.

FROTA; SCHIFFER, **Manual de conforto térmico: arquitetura, urbanismo** / Anésia Barros Frota, Sueli Ramos Schiffer. 5. ed. — São Paulo: Studio Nobel, 2001.

FROTA. Anésia Barros. **Manual do Conforto Térmico**. 4. ed. - São Paulo: Studio Nobel, 2000.

GARCÍA, F. F. **Manual de climatología aplicada: clima, medio ambiente y planificación**. Madrid: Editorial síntesis S. A. 1995.

GIVONI, B. Man, **Climate and architecture**. Applied Science Publisher, London. 1976.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Mapas. 2005. Disponível em: <ftp://geofp.ibge.gov.br/cartas_e_mapas/mapas_regionais/sociedade_e_economia/semi_arido/semi_arido_brasileiro.pdf>. Acessado em: 15 de janeiro de 2018.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Mapas. 2015. Disponível em: <<https://teen.ibge.gov.br/sobre-o-brasil/populacao/populacao-rural-e-urbana.html>>. Acessado em: 27 de janeiro de 2018.

KRÜGER, E. L; LAMBERTS, R. **Avaliação de Desempenho Térmico de Casas Populares**. ENTAC 2000, VIII Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído, Salvador, 2000.

LAMBERTS, R.; XAVIER, A. A. P. **Conforto térmico e stress térmico**. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. Florianópolis – SC, 2011. Disponível em: <http://www.labee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/ECV4200_apostila%202011.pdf>. Acesso em 20 de janeiro 2018.

LAMBERTS, R.; XAVIER, A. A. P. **Conforto térmico em ambientes internos**. Florianópolis: Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, 2003. (Material didático para disciplina conforto térmico). Disponível em: <<http://www.labee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/ECV%205161%20Aula%20%20-%20Conforto%20termico.pdf>>. Acesso em: 12 de dezembro de 2017.

MANTINI, A.. **Microclima e Conforto térmico proporcionado pelas Árvores de Rua na Cidade de Curitiba - PR**. 2013. 129 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Paraná. 2013.

MONTE, R. G. do. **Uma análise comparativa dos aspectos dimensionais de códigos de obras e edificações sob o enfoque da ergonomia**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Pernambuco. Recife: 2006.

MOREIRA, J.L.B. **Estudo da Distribuição Espacial das Chuvas em Belo Horizonte e em seu entorno**. Dissertação (Mestrado em Geografia e Análise Ambiental) – Universidade Federal de Minas Gerais, IGC, Belo Horizonte. 2002.

MORISHITA, C. et al. **Catálogo de propriedades térmicas de paredes e coberturas (v. 4)**. Florianópolis: Laboratório de Eficiência Energética em Edificações - Universidade Federal de Santa Catarina, 2010.

MOURA, M.S.B.de. et al. **Clima e Água de Chuva na Região do Semi-Árido**. cap. 2, p. 37-59. Embrapa Semiárido. Recife. 2007.

NOBRE; MELO. **Variabilidade climática intrasazonal sobre o Nordeste do Brasil em 1998-2000**. Revista Climanálise, Cachoeira Paulista, v. 2, n. 1, p. 1-10, dez. 2001.

ROMERO, M. A. B. – **Arquitetura Bioclimática do Espaço Público**. Editora Universidade de Brasília, 2001.

RUAS, A. C. **Avaliação de conforto térmico: contribuição à aplicação prática das normas internacionais**. Campinas, SP. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil. Fevereiro, 1999.

TARIFA, J. R. **Os climas nos maciços litorâneos da Juréia-Itatins – um ensaio de ritmanálise** - Tese de Livre Docência - DG. FFLCH – USP – 2002, 477p.

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e Climatologia**, Versão Digital 2, 2006. v.1. Disponível em: http://www.icat.ufal.br/laboratorio/clima/data/uploads/pdf/METEOROLOGIA_E_CLIMATOLOGIA_VD2_Mar_2006.pdf >. Acesso em 20 de janeiro de 2018.

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO SOBRE O CONFORTO TÉRMICO DA EDIFICAÇÃO

QUESTIONÁRIO SOBRE O CONFORTO TÉRMICO DA EDIFICAÇÃO

Rua				Nº	
Tempo de moradia					
Estado	Bom ()	Regular ()	Ruim ()		
Quantas famílias já moraram na casa?					
Alguma técnica construtiva para auxiliar no conforto térmico?					
Presença de árvores	Sim ()		Não ()		
Em qual parte da casa estão as árvores?					

Considere:

1 – Concordo 2 – Concordo um pouco 3 – Indiferente 4 – Não concordo 5 – Não concordo com nada

- Em relação às janelas, portas e outras aberturas:

Não apresentam passagem de ar, são bem vedadas				
1	2	3	4	5
Durante o verão as janelas abertas ajudam a amenizar o calor				
1	2	3	4	5
Durante o inverno as janelas abertas ajudam a amenizar o frio através do sol				
1	2	3	4	5

- Em relação ao telhado, laje ou forro (cobertura):

Não apresenta passagem de ar, é bem vedado				
1	2	3	4	5
Durante o verão o calor fica entre o telhado e o forro				
1	2	3	4	5
Durante o inverno o telhado ajuda a manter a temperatura interna agradável				
1	2	3	4	5

Considere:

1 – Muito confortável 2 – Confortável 3 – Neutro 4 – Desconfortável 5 – Muito desconfortável

-Em relação à temperatura:

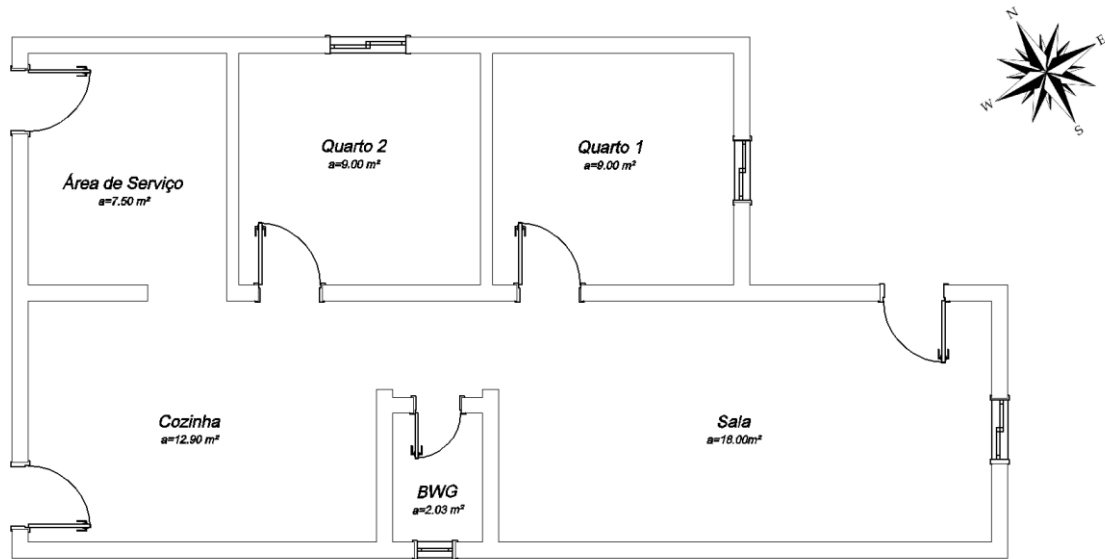
Durante o inverno a temperatura na sua casa				
1	2	3	4	5
Durante o verão a temperatura na sua casa				
1	2	3	4	5

Alguma coisa poderia mudar na sua residência para mudar o conforto térmico?

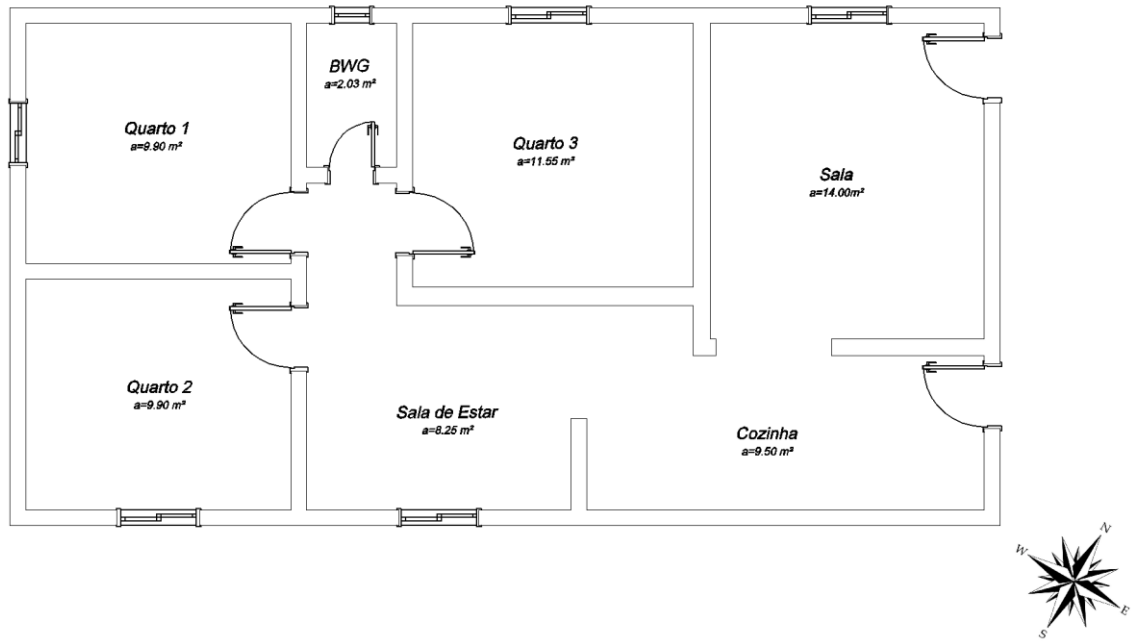
No Inverno:

No Verão:

APÊNDICE B – CROQUI DAS EDIFICAÇÕES LOCALIZADAS NO BAIRRO SÃO JUDAS TADEU



APÊNDICE C – CROQUI DAS EDIFICAÇÕES LOCALIZADAS NO BAIRRO SÃO JUDAS TADEU



APÊNDICE D – TIJOLOS AMOSTRA NAS EDIFICAÇÕES DO BAIRRO SÃO JUDAS TADEU



APÊNDICE E – TIJOLOS AMOSTRA NAS EDIFICAÇÕES DO BAIRRO JOÃO XXIII

