

UNIEVANGÉLICA

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

MATHEUS FERREIRA PACHECO

**DESEMPENHO TÉRMICO EM OBRAS FINANCIADAS PELO
PROGRAMA MINHA CASA MINHA VIDA NO ESTADO DE
GOIÁS**

ANÁPOLIS / GO: 2018

MATHEUS FERREIRA PACHECO

**DESEMPENHO TÉRMICO EM OBRAS FINANCIADAS PELO
PROGRAMA MINHA CASA MINHA VIDA NO ESTADO DE
GOIÁS**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA**

ORIENTADOR: JOÃO SILVEIRA BELÉM JÚNIOR

ANÁPOLIS / GO: 2018

FICHA CATALOGRÁFICA

PACHECO, MATHEUS FERREIRA.

Desempenho Térmico em obras financiadas pelo Programa Minha Casa Minha Vida no estado de Goiás

TCC - UniEvangélica

Curso de Engenharia Civil.

- | | |
|---------------------|--|
| 1. Conforto Térmico | 2. Método Simplificado ABNT NBR 15575:2013 |
| 3. Desempenho | 4. Programa Minha Casa Minha Vida |
| I. ENC/UNI | II. Título (Série) |

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

PACHECO, Matheus Ferreira. Desempenho térmico em obras financiadas pelo Programa Minha Casa Minha Vida no estado de Goiás. TCC, Curso de Engenharia Civil, UniEvangélica, Anápolis, GO, 91p. 2018.

CESSÃO DE DIREITOS

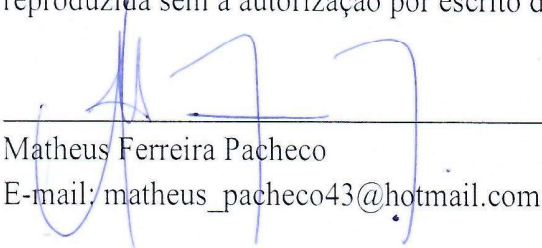
NOME DO AUTOR: Matheus Ferreira Pacheco

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO:
Desempenho térmico em obras financiadas pelo Programa Minha Casa Minha Vida no estado de Goiás

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil

ANO: 2018

É concedida à UniEvangélica a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste TCC pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

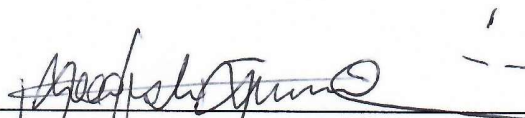

Matheus Ferreira Pacheco
E-mail: matheus_pacheco43@hotmail.com

MATHEUS FERREIRA PACHECO

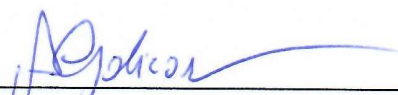
**DESEMPENHO TÉRMICO EM OBRAS FINANCIADAS PELO PROGRAMA
MINHA CASA MINHA VIDA NO ESTADO DE GOIÁS**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE
ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL**

APROVADO POR:



**JOÃO SILVEIRA BELÉM JÚNIOR, Mestre (UniEvangélica)
(ORIENTADOR)**



**AURÉLIO CAETANO FELICIANO, Mestre (UniEvangélica)
(EXAMINADOR INTERNO)**



**AGNALDO ANTÔNIO MOREIRA TEODORO DA SILVA, Mestre (UniEvangélica)
(EXAMINADOR INTERNO)**

DATA: ANÁPOLIS/GO, 28 DE NOVEMBRO de 2018.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pois sem Ele não seria possível. Aos meus pais e irmãos que sempre me apoiaram na realização deste sonho. Aos amigos, professores e profissionais, que ao longo de todo período acadêmico me incentivaram com mensagens de força.

Matheus Ferreira Pacheco

RESUMO

Este trabalho tem por finalidade, apresentar uma análise comparativa relacionada ao desempenho térmico de edificações inseridas no Programa Minha Casa Minha Vida no estado de Goiás. Por meio desta discorrer-se-á sobre pontos relevantes que influenciam de maneira direta ou indiretamente no produto final. A metodologia que conduzirá a pesquisa será o estudo de caso, mediante a um comparativo entre resultados obtidos com os projetos em estudo, por meio da aplicação do método procedimento 1 – Simplificado – (normativo), especificado na NBR 15575, (ABNT, 2013) e detalhado na NBR 15220, (ABNT, 2005), utilizando dados bioclimáticos, características e estratégias climáticas descritas nos Anexos A, B e C presentes no Projeto 02:135.07-001/3:2003 - NBR 15220, (ABNT, 2005). Pretende-se ao final da análise mediante resultados obtidos através da aplicação do método descrito, obter informações que nortearão a problemática desta pesquisa, a garantia do desempenho térmico das edificações.

PALAVRAS-CHAVE:

Desempenho térmico de edificações. Programa Minha Casa Minha Vida. Método simplificado. Problemática.

ABSTRACT

The objective of this work is to present a comparative analysis related to the thermal performance of buildings included in the My Home My Life Program in the state of Goiás. Through this, we will discuss relevant points that influence directly or indirectly any final product. The methodological goal of case study, through a comparative comparison of results of project studies, through the application of the method 1 - Simplified - (normative), in NBR 15575, (ABNT, 2013) AND detailed in NBR 15220 (ABNT, 2005), using the bioclimatic, cartographic and eminent data of the manuals in Annexes A, B and C does not present Project 02: 135.07-001 / 3: 2003 - NBR 15220, (ABNT, 2005). At the end of the analysis of the results of the processing of the applications of the described method, to obtain information that guided a problem of this research, a guarantee of the thermal processing of the buildings.

KEYWORDS:

Thermal performance of buildings. My Home My Life Program. Simplified method. Problematic.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Localização dos municípios dentro do Mapeamento Bioclimático brasileiro.....	14
Figura 02 – Déficit Habitacional 1993-2004.....	16
Figura 03 – Unidades Habitacionais entregues até início de 2014.....	17
Figura 04 – Produto Interno Bruto brasileiro em 20 anos.....	18
Figura 05 – Taxas e metas inflacionárias.....	19
Figura 06 – PIB da Construção Civil no Brasil.....	19
Figura 07 - Zonas bioclimáticas definidas pela Norma Desempenho Térmico de Edificações (ABNT, 2003).....	26
Figura 08 – Zona bioclimática 1 - NBR 15220, (ABNT, 2005).....	27
Figura 09 – Zona bioclimática 2 - NBR 15220, (ABNT, 2005).....	28
Figura 10 – Zona bioclimática 3 - NBR 15220, (ABNT, 2005).....	29
Figura 11 – Zona bioclimática 4 - NBR 15220, (ABNT, 2005).....	30
Figura 12 – Zona bioclimática 5 - NBR 15220, (ABNT, 2005).....	31
Figura 13 – Zona bioclimática 6 - NBR 15220, (ABNT, 2005).....	32
Figura 14 – Zona bioclimática 7 - NBR 15220, (ABNT, 2005).....	33
Figura 15 – Zona bioclimática 8 - NBR 15220, (ABNT, 2005).....	34
Figura 16 – Localização das células.....	35
Figura 17 – Carta bioclimática Adaptada.....	35
Figura 18 – Definições bioclimáticas estratégicas.....	36
Figura 19 – Planta baixa Projeto 01.....	41
Figura 20 – Planta baixa Projeto 02.....	42
Figura 21 – Planta baixa inferior Projeto 03.....	43
Figura 22 – Planta baixa superior Projeto 03.....	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Aberturas para ventilação e sobreamente para zona bioclimática 1.....	27
Tabela 2 – Tipos de vedações externas para zona bioclimática 1.....	27
Tabela 3 – Estratégias de condicionamento térmico passivo para zona bioclimática 1.....	27
Tabela 4 – Aberturas para ventilação e sobreamente para zona bioclimática 2.....	28
Tabela 5 – Tipos de vedações externas para zona bioclimática 2.....	28
Tabela 6 – Estratégias de condicionamento térmico passivo para zona bioclimática 2.....	28
Tabela 7 – Aberturas para ventilação e sobreamente para zona bioclimática 3.....	29
Tabela 8 – Tipos de vedações externas para zona bioclimática 3.....	29
Tabela 9 – Estratégias de condicionamento térmico passivo para zona bioclimática 3.....	29
Tabela 10 – Aberturas para ventilação e sobreamente para zona bioclimática 4.....	30
Tabela 11 – Tipos de vedações externas para zona bioclimática 4.....	30
Tabela 12 – Estratégias de condicionamento térmico passivo para zona bioclimática 4.....	30
Tabela 13 – Aberturas para ventilação e sobreamente para zona bioclimática 5.....	31
Tabela 14 – Tipos de vedações externas para zona bioclimática 5.....	31
Tabela 15 – Estratégias de condicionamento térmico passivo para zona bioclimática 5.....	31
Tabela 16 – Aberturas para ventilação e sobreamente para zona bioclimática 6.....	32
Tabela 17 – Tipos de vedações externas para zona bioclimática 6.....	32
Tabela 18 – Estratégias de condicionamento térmico passivo para zona bioclimática 6.....	32
Tabela 19 – Aberturas para ventilação e sobreamente para zona bioclimática 7.....	33
Tabela 20 – Tipos de vedações externas para zona bioclimática 7.....	33
Tabela 21 – Estratégias de condicionamento térmico passivo para zona bioclimática 7.....	33
Tabela 22 – Aberturas para ventilação e sobreamente para zona bioclimática 8.....	34
Tabela 23 – Tipos de vedações externas para zona bioclimática 8.....	34
Tabela 24 – Critérios para classificação bioclimática.....	36
Tabela 25 – Aberturas para ventilação.....	36
Tabela 26 – Transmitância térmica, atraso térmico e fator de calor solar admissíveis para cada tipo de vedação externa.....	37
Tabela 27 – Características climáticas dos municípios – Anexo A.....	40
Tabela 28 – Resolução dos cálculos.....	44
Tabela 30 – Capacidade térmica de paredes externas.....	44
Tabela 31 – Capacidade térmica de paredes externas.....	45

Tabela 32 – Critérios de coberturas quanto à transmitância térmica – M.....	45
Tabela 33 – Critérios de avaliação de desempenho térmico para condições de inverno.....	45

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CEF	Caixa Econômica Federal
FHC	Fernando Henrique Cardoso
NBR	Norma Brasileira
PBQP-H	Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat
PMCMV	Programa Minha Casa Minha Vida
SiAC	Sistema de Avaliação da Conformidade de Empresas de Serviços e Obras da Construção Civil
SINDUSCON	Sindicato da Indústria da Construção Civil
INCC	Índice Nacional do Custo da Construção
$(m^2.K)/W$	Resistência térmica de um componente
cm	Centímetro
Cta	Capacidade térmica em a
Ctb	Capacidade térmica em b
Ctc	Capacidade térmica em c
Ctotal	Capacidade térmica total
ISO	International Organization for Standardization
$KJ/(m^2.K)$	Capacidade térmica de um componente
m^2	Metro quadrado
PVC	Policloreto de vinila
R bloco	Resistência bloco
R parede	Resistência parede
RT	Resistência total
U	Transmitância térmica
$W/(m^2.K)$	Transmitância térmica de um componente

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
1.1 JUSTIFICATIVA.....	12
1.2 OBJETIVOS.....	13
1.2.1 Objetivos Gerais.....	13
1.2.2 Objetivos Específicos.....	13
1.3 METODOLOGIA.....	13
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	15
2 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO.....	16
2.1 CONTEXTO HISTÓRICO HABUTACIONAL NO BRASIL	16
2.2 PROGRAMA MINHA CASA MINHA VIDA.....	18
2.2.1 Princípios do programa minha casa minha vida.....	18
2.2.2 integração aos benefícios do programa.....	20
2.3 CERTIFICAÇÃO.....	21
2.3.1 CONTEXTUALIZAÇÃO.....	21
2.3.2 CERTIFICAÇÃO SIAC – PBQP-H.....	22
2.3.3 SiAC – PRINCÍPIOS E REGIMENTOS.....	22
2.4 ABNT NBR 15575:2013 EDIFICAÇÕES HABITACIONAIS – DESEMPENHO.....	23
2.5 DESEMPENHO TÉRMICO.....	24
3 ESTUDO DE CASO.....	40
3.1 CARACTERÍSTICAS DOS PROJETOS.....	41
3.1.1 Projeto 01 – Unidade habitacional (50,88 m²).....	41
3.1.2 Projeto 02 – Unidade habitacional (62,75 m²).....	42
3.1.3 Projeto 03 – Unidade habitacional (134,64 m²).....	43
4 ANÁLISE DE RESULTADOS.....	43
4.1 ANÁLISE NA ZONA BIOCLIMÁTICA 04.....	46
4.2 ANÁLISE NA ZONA BIOCLIMÁTICA 06.....	47
4.3 ANÁLISE NA ZONA BIOCLIMÁTICA 07.....	48

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	50
REFERÊNCIAS.....	52
APÊNDICE.....	54

1 INTRODUÇÃO

O sonho da casa própria sempre fez parte da vida do brasileiro, e buscando viabilizar tal objetivo o Governo Federal desenvolveu e investiu nos Programas Habitacionais desde a segunda metade do século XX. A partir de então houveram algumas Políticas Públicas relacionadas à moradia na busca de amenizar um déficit habitacional. Uma das iniciativas governamentais foi a fundação do Ministério das Cidades, em 01 de Janeiro de 2003, juntamente com a Secretaria Nacional de Habitação. Mas somente em 2009 que tiveram algo concreto, a maior iniciativa habitacional do país entra em vigor, o PMCMV (Programa Minha Casa Minha Vida), que garante o benefício da casa própria a milhares de famílias brasileiras.

Com tamanho investimento a construção civil teve uma ascensão acentuada nos últimos anos, o alto valor investido no setor chamou a atenção não só de construtoras e incorporadoras, mas também de autônomos, que viram oportunidade na iniciativa devido às facilidades para garantir incentivo, o que trouxe também um problema edificações sem nenhuma qualidade. Em parceria com a Caixa Econômica Federal, o programa liberava fundos para quem quisesse investir no setor e se encaixasse em alguns pré-requisitos. Isso fez com que várias famílias realizassem este sonho, mas, em contrapartida banalizou parte do Programa.

Desde os pequenos construtores até as grandes incorporadoras iniciaram uma entrega desenfreada de moradias, visando somente lucro e o crescimento do mercado, o que acarretou uma série de questões a serem solucionadas. A mais gritante seria sobre a qualidade e a durabilidade do produto final entregue as famílias, o que impactou brutalmente o Programa e o mercado.

E então na busca de solucionar essas questões, entidades desenvolveram sistemas e normas, que passaram a exigir qualidade e durabilidade no produto entregue aos beneficiários. Segundo os fundamentos da ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas, uma das iniciativas criadas em 2013 foi a NBR 15575 – Edificações Habitacionais – Desempenho, garantindo desempenho e o atendimento dos requisitos exigidos, que abrangem qualidade, durabilidade, manutenibilidade, segurança e conforto. Mas o contexto original exigia mais do que a expectativa da sociedade, o que gerou certa resistência à implantação da mesma.

E durante pouco mais de dois anos a NBR-15575 é reformulada, mas não deixando de lado as exigências acerca do alto desempenho de edificações, e então em julho de 2013 a tão falada “Norma de Desempenho” entra em vigor, o conjunto normativo dividido em seis partes vem para revolucionar e modernizar o modelo de construção praticado no Brasil. O impacto de

três anos atrás quando foi apresentada a primeira versão não foram amenizados, todos envolvidos neste setor sentiram o peso das exigências descritas no conjunto.

Com tamanha resistência a dificuldade para a implantação de tal ferramenta foi enorme, fazendo assim com que as partes envolvidas no Programa tomassem medidas para que a norma pudesse entrar em vigor e ser cobrada a rigor. Como resposta, uma série de órgãos se uniram, bem como a CEF (Caixa Econômica Federal) o PBQP-H (Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat) e o Ministério das Cidades, inserindo no PMCMV a NBR 15575, (ABNT, 2013).

Neste sentido foi exigido que todas as empresas beneficiadas pelo programa fossem certificadas no SiAC – Sistema de Avaliação da Conformidade de Empresas de Serviços e Obras da Construção Civil (PBQP-H 2017). A sua última revisão, foi à inclusão do atendimento dos requisitos normativos, exigidos pela Norma de Desempenho.

A Norma garante que, todas as edificações atendam aos requisitos de qualidade, durabilidade e manutenibilidade, o que envolve uma série de fatores, desde o setor de planejamento e orçamento, até os suprimentos de uma Construtora. Para chegar-se a um produto final de qualidade é necessário todo um sistema por trás, que dê condições e suporte para suprir as exigências.

Para atender os requisitos é necessária uma estrutura sólida e bem montada, eliminando os pequenos construtores que não conseguem garantir a qualidade do produto final, direcionando os benefícios do Programa a empresas estruturadas e prontas para atender a Norma, garantindo assim não só o benefício da moradia, mas também a qualidade do produto entregue.

Na presente pesquisa, serão aprofundados as exigências que abrangem Desempenho Térmico das edificações habitacionais, a partir da análise de projetos, materiais e suprimentos, métodos de execução através do método de cálculos. A partir de então, será constatado a eficácia do produto final analisado.

Com base nos cálculos e laudos que serão realizados, faremos um comparativo expondo os resultados obtidos quanto ao atendimento do desempenho em questão, entre diferentes empreendimentos participantes do Programa, com projetos já executados, em diversas regiões do estado de Goiás.

1.1 JUSTIFICATIVA

Por trás de uma excelente iniciativa de garantir moradia aos brasileiros encontram-se problemas graves, e na busca da modernização do setor da construção civil é de extrema

importância aprofundar na Norma de Desempenho, fazendo comparativos e identificando sugestões de melhorias para garantir qualidade e durabilidade do produto final. A obra em estudo tem como foco abordar as exigências e o atendimento das obras quanto ao Desempenho de Conforto Térmico, utilizando como parâmetro a NBR 15575, (ABNT, 2013). Os comparativos serão feitos por meio de cálculos, análise de projetos, materiais e métodos executivos, buscando o aperfeiçoamento de projetos e garantindo Conforto Térmico às unidades habitacionais.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo a elaboração de uma análise comparativa sobre conforto térmico em edificações residenciais financiadas pelo programa Minha Casa Minha Vida.

1.2.2 Objetivos Específicos

- a) Apresentar os principais métodos utilizados no Brasil para cálculo de conforto térmico;
- b) Realizar estudos de casos em edificações habitacionais localizadas em diferentes cidades no estado de Goiás, fazendo a utilização do método de cálculo simplificado;
- c) Verificar se há diferenças significativas sobre conforto térmico, entre projetos com tipologias distintas;
- d) Apresentar soluções quanto ao desempenho não satisfatório de conforto térmico.

1.3 METODOLOGIA

A revisão bibliográfica aplicável nesta pesquisa abrange conceitos, definições e fundamentação teórica por meio de artigos, teses, publicações e referências normativas regentes sobre Desempenho Térmico. Aplicaremos as exigências normativas NBR 15220, (ABNT, 2005) e NBR 15575, (ABNT, 2013) em distintos projetos, afim de avaliar o comportamento da

edificação quanto ao desempenho térmico habitacional em três diferentes zonas bioclimáticas situadas no estado de Goiás.

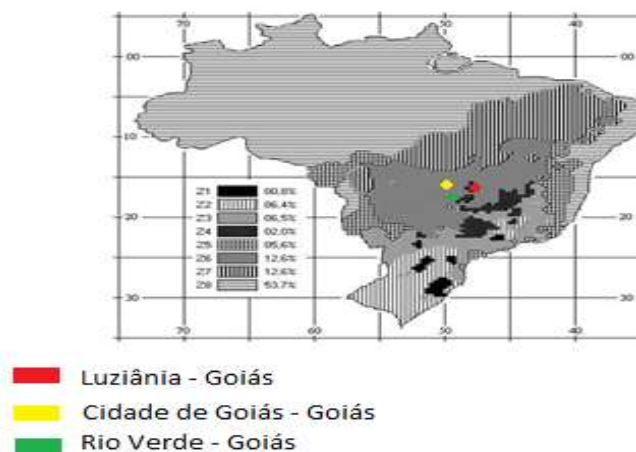
O método a ser aplicado é o procedimento 1 – Simplificado – (normativo), especificado na NBR 15575, (ABNT, 2013) e detalhado na NBR 15220, (ABNT, 2005), que é prático, simples, integro e confiável, desenvolvido através do roteiro descrito em norma. Este método é cada vez mais utilizado para verificação e avaliação de transmitância térmica e capacidade térmica, conforme os critérios e métodos estabelecidos nas . NBR 15575-4, (ABNT, 2013) e NBR 15575-5, (ABNT, 2013).

Utilizando os dados disponibilizados nos projetos e prescrições normativas inseridas na NBR 15220, (ABNT, 2005) e características e estratégias climáticas descritas nos Anexos A, B e C presentes no Projeto 02:135.07-001/3:2003 - NBR 15220, (ABNT, 2005). Serão efetuados os cálculos de transmitância, capacitância, ventilação mínima exigida, dentre outros quesitos, obtendo assim dados particulares de cada projeto podendo ser aplicados e simulados nas zonas bioclimáticas mapeadas no nosso país.

A escolha de tal método se deve a eficácia e a praticidade do mesmo, o que nos possibilita avaliar vários projetos em zonas de características climáticas distintas, prevendo transtornos, antecipando ações corretivas e garantindo o desempenho da edificação antes mesmo do início da sua execução.

A avaliação será feita sobre três projetos de características distintas executados em diferentes cidades do estado de Goiás. Os locais para se efetuar as simulações foram definidos de acordo com suas características climáticas, cada município pertence a uma zona bioclimática, Luziânia, mapeada na zona 04, Cidade de Goiás, mapeada na zona 07 e o município de Rio Verde, mapeado na zona 06.

Figura 01 – Localização dos municípios dentro do Mapeamento Bioclimático Brasileiro.



Fonte: NBR 15220, (ABNT, 2005).

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está dividido em três capítulos, sendo eles: introdução, revisão da literatura e estudo de caso.

Este primeiro capítulo introdutório apresenta o tema estudado, abordando questões relacionadas a objetivo, à justificativa, metodologia e à estrutura do trabalho.

No capítulo dois, refere-se ao referencial teórico, a contextualização histórica a qual se fundamentou teoricamente sobre desempenho térmico em edificações habitacionais, ao Programa Minha Casa Minha Vida, englobando o princípio do Programa e seus benefícios, contextualização da certificação ao SiAC - PBQP-H, e caracteriza as exigências das normas NBR 15575, (ABNT, 2013) e NBR 15220, (ABNT, 2005).

No capítulo três, aplicação da pesquisa em três projetos distintos, simulados em diferentes zonas bioclimáticas no Estado de Goiás. Avaliamos os índices de capacitância e transmitância térmica de acordo com as exigências normativas.

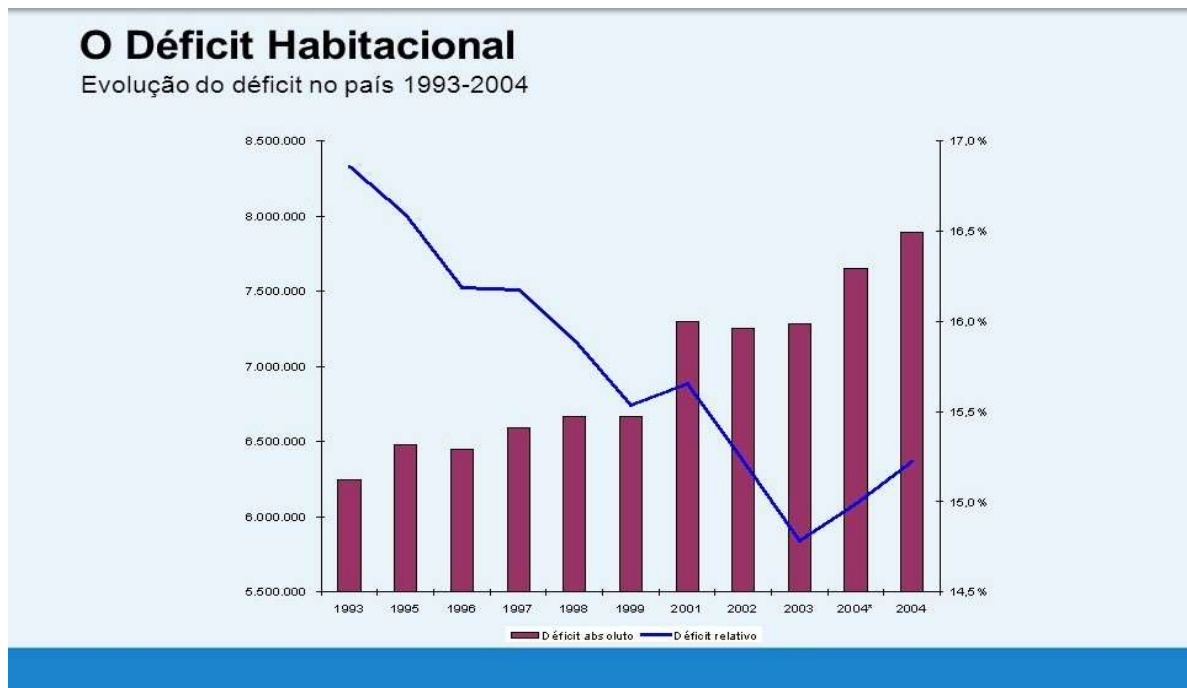
2 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

2.1 CONTEXTO HISTÓRICO HABITACIONAL NO BRASIL

Os movimentos ligados a reforma urbana empreendia progressos e avanços nos distintos obstáculos sociais no final do século XX, a perspectiva de uma reforma política e a pretensão em virtude de uma ascensão no parâmetro financeiro e econômico impulsionaram diversas políticas públicas e iniciativas governamentais nos anos 90.

O aumento considerável da população brasileira e declínio financeiro afetou diretamente o que já era um dos piores índices do país. O déficit habitacional assumiu protagonismo e obteve números extraordinários em pouco mais de 10 anos, como aponta a imagem.

Figura 02 – Déficit Habitacional 1993-2004.



Fonte: SINDUSCON SP – Sindicato da indústria da Construção Civil – São Paulo, 2004.

Índícios de um obstáculo absurdo à frente, levou o Governo Federal a buscar investimentos e recursos direcionados ao mercado da construção civil, com a expectativa de minimizar o transtorno social e impulsionar a economia debilitada por ora.

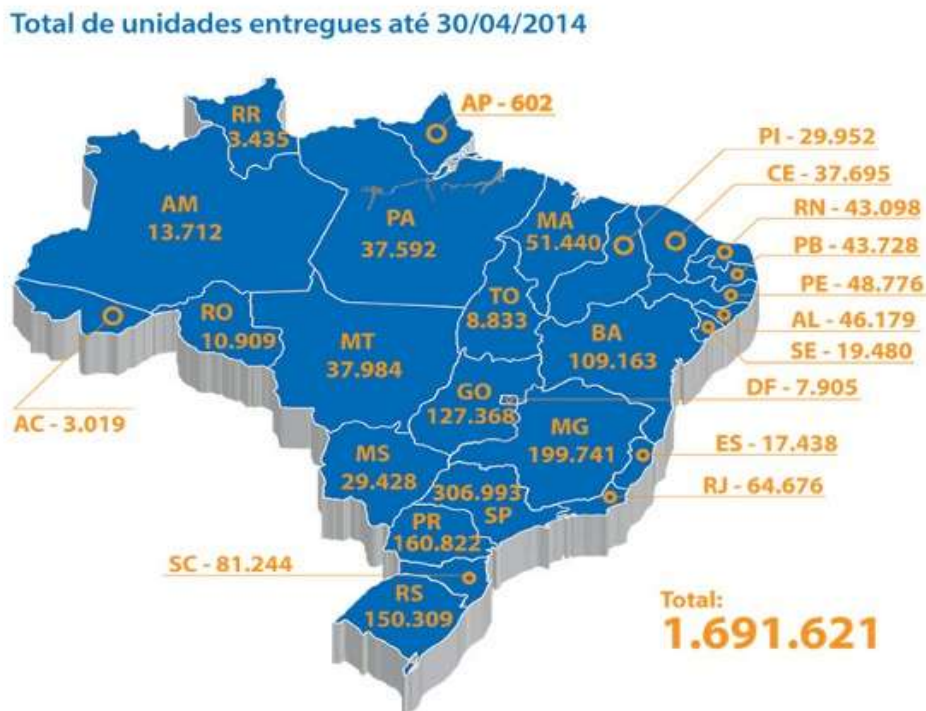
Posterior a diversas iniciativas no ano de 2003 o Governo Federal institui o Ministério das Cidades, um propósito do Governo de FHC (Fernando Henrique Cardoso) que tomou forma

no Governo Lula. O projeto inicial foi composto por três objetivos específicos, segundo Maricato (2006), são eles: moradia, saneamento ambiental (que associa drenagem urbana, esgoto, água tratada e coleta de resíduos) e transporte público.

A introdução da proposta foi concretizada, mas as dificuldades econômicas vigente no Brasil dificultava a recuperação do mercado da construção civil, somente em 2009 a reabilitação do setor sucedeu através da implantação do Programa “Minha Casa Minha Vida” PMCMV. Conforme, REIS (2016), a proposta teve um dos principais objetivos implantar o Plano Nacional de Habitação para a construção de um milhão de casas, cujo propósito era aumentar o acesso das famílias de baixa renda à casa própria.

De acordo com os dados do Governo Federal do Brasil em nota postada na página Oficial (2014), após cinco anos de implantação o PMCMV contratou 3,4 milhões de moradias, beneficiando diretamente mais de seis milhões de pessoas. “Os números consolidam o programa como a maior política pública habitacional da história do Brasil.” (Blog do Planalto, 2014) como aponta os dados.

Figura 03 – Unidades Habitacionais entregues até início de 2014.



Fonte: BRASIL, 2014.

A iniciativa deu resultados, em menos de 6 anos milhões de unidades habitacionais foram entregues, conforme o Ministério das Cidades (2014), atingindo a meta almejada na

concepção do projeto, mas, em contrapartida, acarretou uma série de questões a serem solucionadas, tendo como principal a qualidade das moradias entregues.

O crescente grau de competição entre as empresas da indústria da construção civil no País, nos últimos anos, vem exigindo das mesmas mudanças substanciais na gestão de seus empreendimentos. Em parte, isso tem sido motivado pelo aumento do nível de exigência do mercado consumidor, pelo fenômeno da globalização e pela reduzida disponibilidade de recursos financeiros para atender a tais necessidades. Com isso, a necessidade de investimentos em gestão e tecnologia da produção tem estimulado as construtoras a buscar melhores níveis de desempenho (FORMOSO *et al*, 1999.).

Neste contexto, autoridades recorreram a normas intransigentes, buscando a garantia de um produto final de qualidade, atendendo aos requisitos mínimos e atingindo o desempenho satisfatório, direcionando o serviço aos mais capacitados.

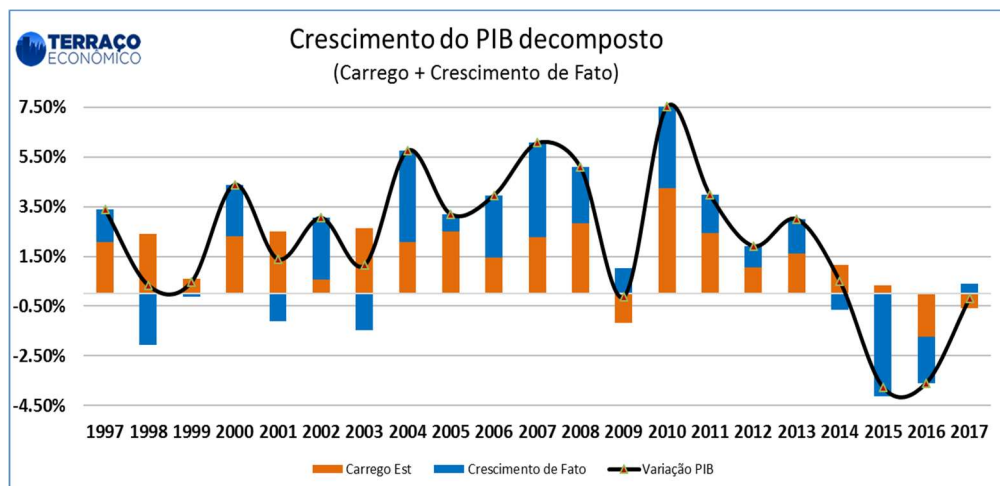
2.2 PROGRAMA MINHA CASA MINHA VIDA

2.2.1 Princípios do Programa Minha Casa Minha Vida

De acordo com o Ministério das Cidades (2015), o Programa foi criado em 2009, no intuito de suportar a população com baixa renda na conquista da própria moradia. Segundo o Ministério da Fazenda (2015) com a economia temporariamente estabilizada, o Governo destinou investimentos diretos ao programa, foram cerca 25 bilhões de reais.

Com a estabilização inflacionária, o controle e a suposta crescente da economia, como apontaos dados, o Governo Federal proporciona a minoração das taxas de juros, possibilitando assim melhores condições de financiamento, oferecido pela Caixa Econômica.

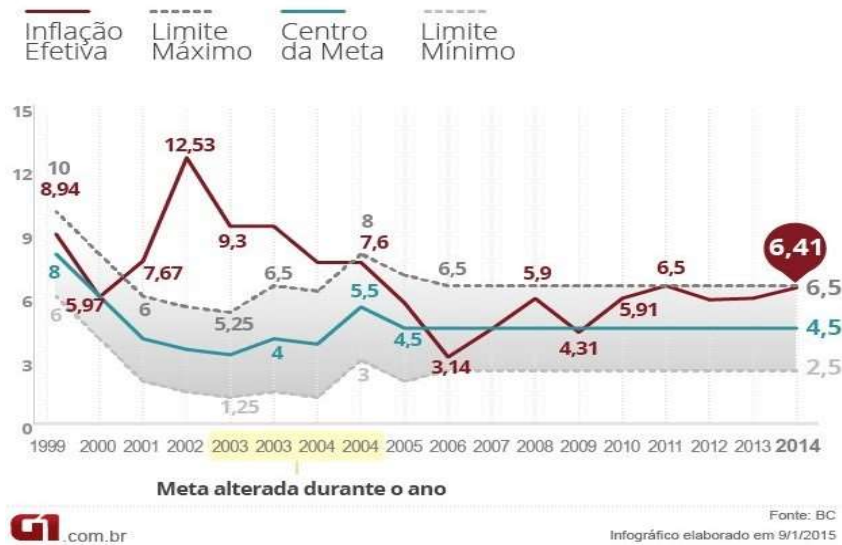
Figura 04 – Produto Interno Bruto brasileiro em 20 anos



Fonte: Terraço Econômico- IBRE-FGV e IBGE, 2017.

De acordo com Terraço Econômico (2017), os dados do IBGE (2010) apontavam uma crescente promissora no quadro econômico nacional, ascensão do PIB e estabilização inflacionária, veja abaixo.

Figura 05 – Taxas e metas inflacionárias

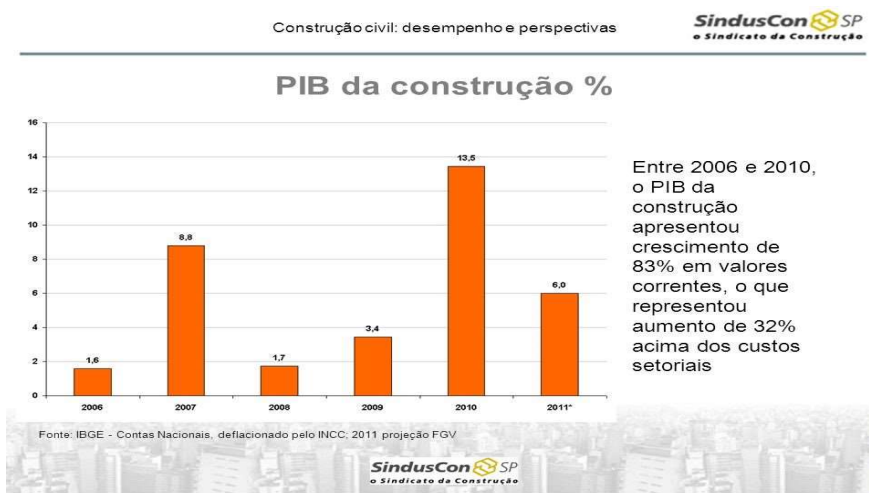


Fonte: Branco Central do Brasil, 2015.

Em razão dos índices positivos, foi iniciada a primeira etapa do PMCMV, milhões de edificações habitacionais concluídas em 2011, destinadas integralmente a famílias com renda mensal de 03 a 10 salários mínimos.

Motivado pelo êxito do projeto o Governo Federal idealizou a segunda etapa do programa, mais dois milhões de moradias entregues, e mais de seis milhões de famílias beneficiadas diretamente, a iniciativa promissora impulsionou o mercado da construção civil e a economia nacional.

Figura 06 – PIB da Construção Civil no Brasil



Fonte: IBGE, Contas Nacionais, deflacionado pelo INCC, 2011 projeção FGV.

Conforme o SINDUSCON (2011) a construção civil obteve um crescimento notável em seis anos, se comparado ao ano de 2006 o setor atingiu uma ascensão de 83% e propiciaram uma receita de aproximadamente R\$ 37,55 bilhões de reais de forma direta. Até o ano de 2014, investiu-se cerca de R\$ 217 milhões, possibilitando o giro da economia do país e mais de 1,3 milhões de empregos diretamente.

A primeira fase o programa foi iniciada, contemplando 3 faixas de renda (faixas 1, 2 e 3), variando até R\$ 5 mil reais. O mesmo se pode dizer para a segunda fase, tendo permanecido o valor máximo que poderia ter para participar do Programa e permanecendo também com as 3 faixas. Já na terceira fase, considerada a atual, houve a criação da faixa 1,5.

Sendo assim, na fase atual tem-se 4 faixas distribuídas da seguinte forma: o teto da faixa 1 passou de R\$ 1,6 mil para 1,8 mil; a faixa 1,5 beneficia famílias com uma renda bruta mensal de até R\$ 2.350,00; a faixa 2 varia de R\$ 3.275 para R\$ 3,6 mil e a faixa 3 contempla famílias com renda de até R\$ 6,5 mil, valor que antes era de R\$ 5 mil.

Houve mudanças também nos valores máximos dos imóveis. O que antes na faixa 1 limitava a R\$ 76 mil, hoje vai até R\$ 96 mil. Na faixa 1,5 o imóvel poderá variar até R\$ 135 mil e nas faixas 2 e 3 o teto passa de R\$ 190 mil para R\$ 225 mil reais.

2.2.2 Integração aos benefícios do programa

Segundo a Caixa (2017), existem duas maneiras de aderir aos benefícios que o Programa nos traz. A primeira é voltada para famílias com renda inferior a R\$ 1.800 reais, o membro da família precisa se cadastrar na Prefeitura da cidade onde o mesmo habita para participar de um sorteio ou então entrar em contato com uma entidade organizadora.

Já a segunda, são para famílias que possuem uma renda mensal bruta entre R\$ 1.800,01 e R\$ 6.500,00. O membro da família deverá entrar em contato com os bancos, Caixa Econômica Federal ou o Banco do Brasil para fazer uma simulação do financiamento.

Inicialmente, tem-se que a renda familiar deverá ser de no máximo R\$ 3.600,00. O valor máximo do imóvel é na faixa de R\$ 225.000,00. Será realizada uma análise de risco, exigindo a comprovação de renda e consulta de débitos no nome do beneficiário. É necessário que beneficiário dê uma entrada para aquisição do imóvel.

De acordo com o Ministério das Cidades (2017), quando um cidadão se insere neste programa habitacional e adquire o imóvel por meio dos benefícios de financiamento, juros e crédito que este dispõe, ele geralmente adquire residências que já estão prontas, construídas por investidores que muitas vezes, não se atentam tanto a estrutura do bairro quanto a relação aos serviços públicos básicos.

Entretanto, apesar de possuírem preferência por determinados bairros, retorna-se novamente ao fato de que o comprador é levado a adquirir as residências já construídas, ficando muitas vezes sem opções de escolha para a localização de sua moradia.

2.3 CERTIFICAÇÃO

2.3.1 Contextualização

A normatização é o procedimento de formulação e aplicação de regras para a solução ou prevenção de problemas, com a colaboração de todos os interessados. A instauração dessas regras recorre-se à tecnologia como o instrumento para estabelecer, de forma objetiva e neutra, as condições que possibilitem que o produto, projeto, processo, sistema ou serviço atendam às finalidades a que se destinam, sem se esquecer dos aspectos de segurança.

Normas de desempenho são estabelecidas buscando atender às exigências dos usuários. Para incorporação deste Programa são exigidas algumas certificações das empresas construtoras para análise e posterior aprovação dos projetos, viabilizando assim o início do trabalho e a adequação ao programa.

Conforme a NBR 15575, (ABNT, 2013):

[...] a forma de estabelecimento do desempenho é comum e internacionalmente pensada por meio da definição de requisitos (qualitativos), critérios (quantitativos ou premissas) e métodos de avaliação, os quais sempre permitem a mensuração clara do seu cumprimento.

Para melhor compreensão, a Norma de Desempenho existe desde julho de 2013, porém só agora vem sendo cobrada com mais rigor. Ela traduz as exigências dos usuários em requisitos e critérios, e são consideradas como complementares as normas prescritivas, sem substituí-las. A utilização simultânea delas visa atender às exigências do usuário com soluções tecnicamente adequadas.

O presente trabalho tem por finalidade analisar o desempenho térmico de três obras, pertencentes ao Programa Minha Casa Minha Vida, localizadas em diversos municípios no estado de Goiás. As análises serão fundamentadas nas exigências da NBR 15575, (ABNT, 2013) Edificações Habitacionais – Desempenho conhecida popularmente como Norma de Desempenho, que inclui requisitos específicos da NBR 15220, (ABNT, 2005) Desempenho Térmico de Edificações.

Obrigatoriamente, as construtoras e incorporadoras, quando pessoa jurídica, devem apresentar certificação do PBQP-H para inserção ao Programa. Quando pessoa física, o mecanismo de financiamento não exige essa certificação.

2.3.2 Certificação Siac – PBQP-H

Perante os compromissos firmados pelo Brasil na assinatura da Carta de Istambul (Conferência do Habitat II/1996), o Governo Federal desenvolveu um projeto com o objetivo de organizar o setor da construção civil no país. O PBQP-H, Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat, foi implantado diante de dois principais objetivos: a melhoria da qualidade do habitat e a modernização produtiva.

A busca por esses propósitos engloba um conjunto de ações, onde se destacam: avaliação da conformidade de empresas de serviços e obras, melhoria da qualidade de materiais, formação e requalificação de mão de obra, normalização técnica, capacitação de laboratórios, avaliação de tecnologias inovadoras, informação ao consumidor e promoção da comunicação entre os setores envolvidos.

Sendo assim, espera-se o aumento da competitividade no setor, a melhoria da qualidade de produtos e serviços, a redução de custos e a otimização do uso dos recursos públicos. A meta, em longo prazo, é criar um ambiente de equidade competitiva, que propicie soluções mais baratas e de melhor qualidade para a redução do déficit habitacional no país, atendendo, em especial, a produção habitacional de interesse social.

Diversas entidades fazem parte do Programa, representando elementos da cadeia produtiva: construtores, projetistas, fornecedores, fabricantes de materiais e componentes, bem como a comunidade acadêmica e entidades de normalização, além do Governo Federal.

A gestão compartilhada se dá de forma transparente, embasada fundamentalmente em discussões técnicas, respeitando a capacidade de retorno do setor e as diferentes realidades nacionais. Nesse sentido, o PBQP-H é um programa que se constrói sobre consensos, e sobre um arranjo institucional firmado na parceria entre setores públicos e privado.

2.3.3 SiAC – Princípios e Regimento

Um dos projetos impulsores do PBQP-H é o Sistema de Avaliação da Conformidade de Empresas de Serviços e Obras (SiAC), que é o resultado da revisão e ampliação do antigo

SiQ (Sistema de Qualificação de Empresas de Serviços e Obras). O SiAC tem como finalidade avaliar a conformidade do sistema de gestão da qualidade das empresas de serviços e obras, considerando as características específicas da atuação dessas empresas no setor da construção civil, e baseando-se na série de normas ISO 9000.

O Sistema busca contribuir para o avanço dos patamares de qualidade do setor, envolvendo especialidades técnicas de execução de obras, serviços especializados de execução de obras, gerenciamento de obras e de empreendimentos e elaboração de projetos.

2.4 ABNT NBR 15575:2013 EDIFICAÇÕES HABITACIONAIS – DESEMPENHO

Com o progresso do Programa Minha Casa Minha Vida, o setor da construção civil se aqueceu de maneira absurda, executando milhões de moradias por ano e garantindo emprego a inúmeros brasileiros de maneira direta e indireta. Mas, em contrapartida, tamanha ascensão proporcionou complicações consideráveis.

Edificações sem nenhum parâmetro de qualidade são entregues a diversos moradores, expondo as primeiras problemáticas do Programa tão promissor. A partir de então, o Governo Federal se atenta a uma questão ainda não abordada, as moradias entregues deveriam seguir um padrão rigoroso, exigindo dos investidores um produto final com bom desempenho.

Com o intuito de abordar conceitos que por muitas vezes não são considerados em normas prescritas específicas, a “norma de desempenho” como é popularmente conhecida, foi desenvolvida. Com o foco nos requisitos para edificações habitacionais e seus sistemas, abrange todas as fases de execução, na busca pela garantia do produto final.

Desenvolvida em 2013 a NBR 15575, (ABNT, 2013) somente foi realmente implantada no programa no ano de 2017, com a atualização do PBQB-H. Onde o Programa inclui uma exigência a ser seguida pelos certificados. O atendimento da norma de desempenho e suas demais exigências se torna requisito obrigatório para participar do Programa.

Conforme a NBR 15575, (ABNT, 2013) as exigências são desmembradas em seis principais partes:

Parte 1: Requisitos gerais;

Parte 2: Requisitos para os sistemas estruturais;

Parte 3: Requisitos para sistemas de pisos;

Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas – SVVIE;

Parte 5: Requisitos para os sistemas de coberturas;

Parte 6: Requisitos para os sistemas hidrossanitários.

Assim, a norma abrange todo o processo executivo de uma edificação habitacional, direcionando as condições específicas a cada um dos itens.

Assim sendo, construtoras e incorporadoras inseridas no Programa iniciam o processo de reestruturação, investindo em ferramentas e tecnologias capazes de garantir o desempenho mínimo exigido pela NBR 15575, (ABNT, 2013).

Segundo NBR 15575, (ABNT, 2013) o atendimento quanto a conforto térmico nas edificações é indisponível, portanto a norma abrange essa questão em várias partes distintas. O atendimento dos pré-requisitos são bem definidos e especificados em cada um das partes em questão:

Parte 1 – Requisitos Gerais;

Parte 4 – Requisitos para os Sistemas de vedações verticais internas e externas – SVVIE;

Parte 5 – Requisitos para os sistemas de coberturas.

Sendo assim, a análise quanto ao tema abordado é desenvolvida de maneira mais clara, garantindo um melhor entendimento das exigências.

No trabalho em questão, aprofundaremos em todas essas partes da norma, que aborda conceitos referente a norma prescrita específica, NBR 15220, (ABNT, 2005) – Desempenho Térmico em Edificações. Onde faremos uma análise de obras financiadas pelo Programa Minha Casa Minha Vida em diferentes regiões bioclimáticas.

2.5 DESEMPENHO TÉRMICO

A definição de desempenho ou conforto térmico se refere a satisfação do indivíduo com o ambiente térmico que o circunda. A não satisfação pode ser ocasionada por uma sensação de desconforto causadas pelo frio ou calor, quando há uma instabilidade no balanço térmico, que é obtido pela divergência entre calor produzido pelo corpo e calor dissipado para o ambiente.

No entanto, as sensações térmicas estão relacionadas a dois principais fatores, o físico e fisiológico. Assim sendo pode-se afirmar que o requisito ideal é a neutralidade térmica. Em contrapartida essa não é a única necessidade para se obter um conforto térmico no ambiente. Exemplo, um elemento exposto diretamente a radiação solar sentirá um desconforto mesmo locado a uma zona de neutralidade térmica.

Sendo assim, pesquisas e estudos mais aprofundados em desempenho térmico têm em vista a análise e a verificação de métodos e parâmetros para uma minuciosa análise térmica de um ambiente, bem como exigências necessárias para avaliar um ambiente térmico mais propício às atividades exercidas pelo indivíduo.

As pesquisas desenvolvidas sobre desempenho térmico nos últimos anos despertaram interesse em estudiosos, haja vista que, as referências normativas existentes nesse âmbito englobam estudos sobre todas as variáveis que implicam diretamente no conforto térmico.

De acordo com a Universidade Federal de Santa Catarina CTC – Departamento de Engenharia Civil, em conjunto com Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, as principais normas e guias de referência aos estudos estão descritas a seguir:

ISO 7730/2005 - Ergonomics of the thermal environment -- Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria. Esta norma propõe um método de determinação da sensação térmica e o grau de desconforto das pessoas expostas a ambientes térmicos moderados e especifica condições térmicas aceitáveis para o conforto. Nesta nova versão, foi adicionado um método para avaliação de períodos longos, bem como informações sobre desconforto térmico localizado, condições em estado não estacionário e adaptação. Além disso, foi adicionado um anexo estipulando como os requisitos de conforto térmico podem ser expressos em diferentes categorias.

ISO 7726/1998 - Ergonomics of the thermal environment -- Instruments for measuring physical quantities.

ASHRAE Standard 55-2013 - Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. A nova versão da norma também contém um método opcional para determinar condições térmicas aceitáveis em espaços naturalmente ventilados. Para usar este método, os espaços devem possuir janelas operáveis que podem ser abertas pelos ocupantes.

No Brasil são as seguintes normas que abordam sobre este tema, NBR 15575-1, (ABNT, 2013), que definiu parâmetros mínimos a ser atendido para garantir desempenho térmico em habitações, embasada em outra norma, a NBR 15220, (ABNT, 2005) que se refere diretamente ao tema, abordando também os requisitos mínimos e determinando os critérios para verificação de conforto térmico, que são definidos a partir da zona bioclimática do ambiente em questão.

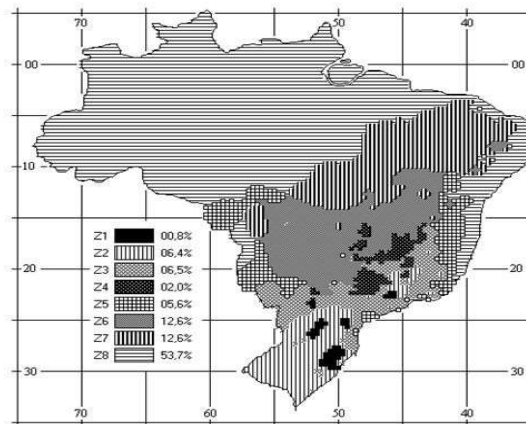
As edificações habitacionais devem reunir características que atendam aos requisitos mínimos de desempenho térmico, de acordo com a zona bioclimática regional. A localização, orientação e principalmente os materiais utilizados na execução influenciaram diretamente no resultado obtido. De acordo com a norma de desempenho térmico em edificações o território brasileiro tem seu clima mapeado, desmembrado no que são chamadas de zonas bioclimáticas.

Que são mapeadas seguindo determinadas características climáticas das diversas áreas situadas em solo brasileiro.

Foi determinada uma subdivisão das condições climáticas existentes no Brasil visando a execução de projetos. A figura 02 mostra o zoneamento bioclimático brasileiro fragmentado em 8 zonas, conforme apresentado pelo Projeto de Norma – 135 (ABNT, 2004). De acordo com o clima regional e as condições necessárias para se obter conforto térmico foram desenvolvidas estratégias adequadas para elaboração de um projeto habitacional.

Figura 07 - Zonas bioclimáticas definidas pela Norma Desempenho Térmico de Edificações (ABNT, 2003).

ZONEAMENTO BIOCLIMÁTICO BRASILEIRO



Fonte: NBR 15220, (ABNT, 2005).

É essencial que um projeto arquitetônico atenda as condições mínimas para se obter desempenho térmico proporcionando conforto ao usuário, simultaneamente à eficiência energética. A implantação de soluções passivas de refrigeração ou aquecimento do ambiente no projeto resulta em uma diminuição do tempo de utilização de sistemas para garantir conforto térmico, o que é considerado uma ótima opção tendo em vista a redução do consumo energético.

Desta forma, para obter-se estratégias bioclimáticas de eficazes é necessário um análise correto da região em questão, a partir dos dados bioclimáticos disponíveis dimensionaresmos o projetos vizando o atendimento das exigências normativas.

Baseado nestes estudos, pode-se obter o clima de cada cidade, e relaciona-la através de dados tabelados que apontam estratégias e métodos construtivos para a região específica. Estabelecendo um parâmetro e auxiliando construtores e projetistas a desenvolverem tal função.

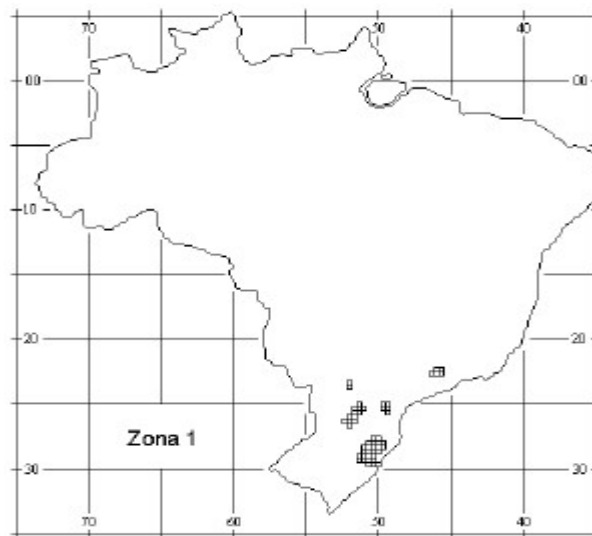
Conforme o Projeto 02:135.07-001/3:2003 - Desempenho térmico de edificações. Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações

unifamiliares de interesse social, NBR 15220, (ABNT, 2005), que estabelece um preceito básico a se adotar de acordo com cada zona bioclimática.

- Diretrizes construtivas para Zona Bioclimática 1

De acordo com a referência normativa em questão, os projetos a serem incorporados na seguinte zona deveram adotar as diretrizes mínimas apresentadas nas tabelas 1,2 e 3.

Figura 08: Zona bioclimática 1.



Fonte: NBR 15220, (ABNT, 2005).

Tabela 1 – Aberturas para ventilação e sobremente para zona bioclimática 1.

Aberturas para ventilação	Sombreamento das aberturas
Médias	Permitir sol durante o período frio

Fonte: NBR 15220, (ABNT, 2005).

Tabela 2 – Tipos de vedações externas para zona bioclimática 1.

Vedações externas
Parede: Leve
Cobertura: Leve isolada

Fonte: NBR 15220, (ABNT, 2005).

Tabela 3 – Estratégias de condicionamento térmico passivo para zona bioclimática 1.

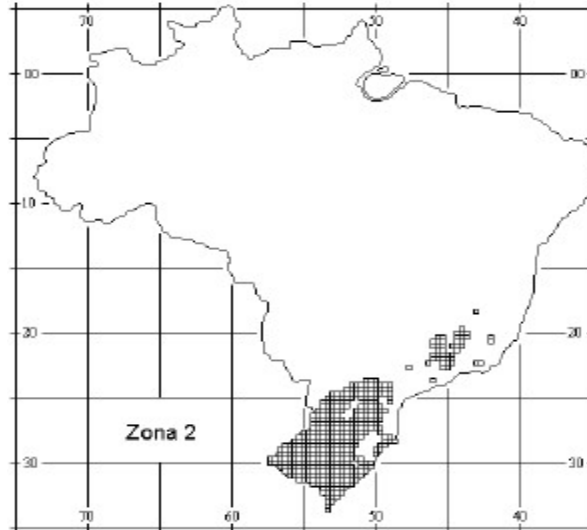
Estação	Estratégias de condicionamento térmico passivo
Inverno	<p>B) Aquecimento solar da edificação</p> <p>C) Vedações internas pesadas (inércia térmica)</p> <p>Nota: O condicionamento passivo será insuficiente durante o período mais frio do ano. Os códigos B e C são os mesmos adotados na metodologia utilizada para definir o Zoneamento Bioclimático do Brasil (ver anexo B).</p>

Fonte: NBR 15220, (ABNT, 2005).

- Diretrizes construtivas para Zona Bioclimática 2

De acordo com a referência normativa em questão, os projetos a serem incorporados na seguinte zona deveram adotar as diretrizes mínimas apresentadas nas tabelas 4,5 e 6.

Figura 09 – Zona bioclimática 2.



Fonte: NBR 15220, (ABNT, 2005).

Tabela 4 – Aberturas para ventilação e sobremente para zona bioclimática 2.

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

Fonte: NBR 15220, (ABNT, 2005).

Tabela 5 – Tipos de vedações externas para zona bioclimática 2.

Vedações externas
Parede: Leve
Cobertura: Leve isolada

Fonte: NBR 15220, (ABNT, 2005).

Tabela 6 – Estratégias de condicionamento térmico passivo para zona bioclimática 2.

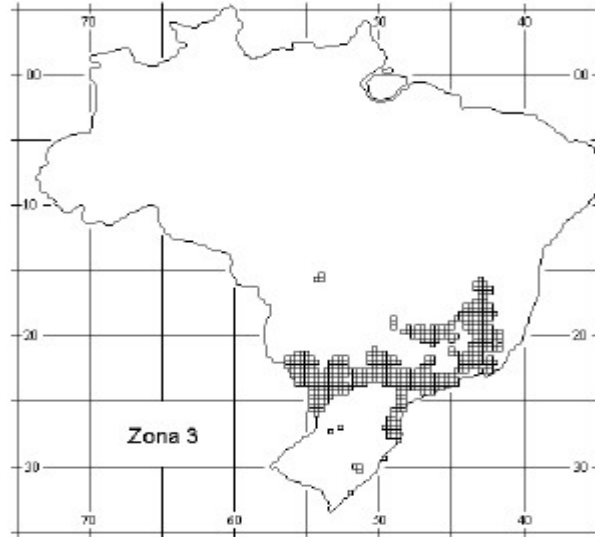
Estação	Estratégias de condicionamento térmico passivo
Verão	J) Ventilação cruzada
Inverno	B) Aquecimento solar da edificação C) Vedações internas pesadas (inércia térmica)
	<p>Nota:</p> <p>O condicionamento passivo será insuficiente durante o período mais frio do ano.</p> <p>Os códigos J, B e C são os mesmos adotados na metodologia utilizada para definir o Zoneamento Bioclimático do Brasil (ver anexo B).</p>

Fonte: NBR 15220, (ABNT, 2005).

- Diretrizes construtivas para Zona Bioclimática 3

De acordo com a referência normativa em questão, os projetos a serem incorporados na seguinte zona deveram adotar as diretrizes mínimas apresentadas nas tabelas 7, 8 e 9.

Figura 10 – Zona bioclimática 3.



Fonte: NBR 15220, (ABNT, 2005).

Tabela 7 – Aberturas para ventilação e sobreamento para zona bioclimática 3.

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

Fonte: NBR 15220, (ABNT, 2005).

Tabela 8 – Tipos de vedações externas para zona bioclimática 3.

Vedações externas
Parede: Leve refletora
Cobertura: Leve isolada

Fonte: NBR 15220, (ABNT, 2005).

Tabela 9 – Estratégias de condicionamento térmico passivo para zona bioclimática 3.

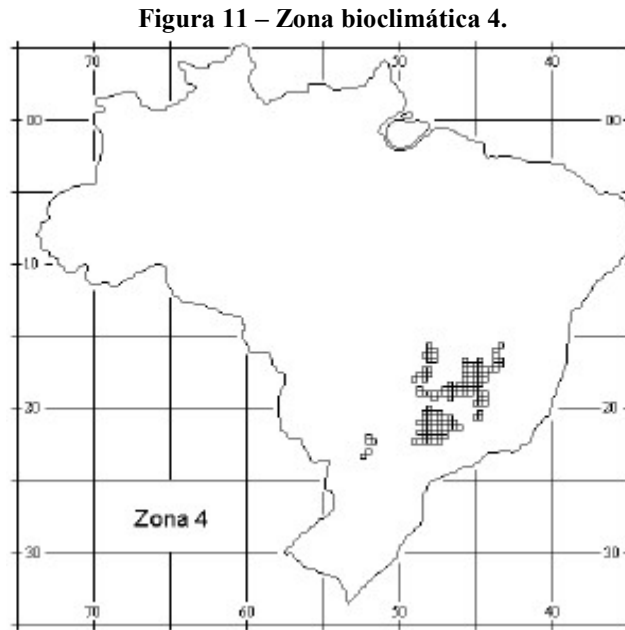
Estação	Estratégias de condicionamento térmico passivo
Verão	J) Ventilação cruzada
Inverno	B) Aquecimento solar da edificação C) Vedações internas pesadas (inércia térmica)

Nota:
Os códigos J, B e C são os mesmos adotados na metodologia utilizada para definir o Zoneamento Bioclimático do Brasil (ver anexo B).

Fonte: NBR 15220, (ABNT, 2005).

- Diretrizes construtivas para Zona Bioclimática 4

De acordo com a referência normativa em questão, os projetos a serem incorporados na seguinte zona deveram adotar as diretrizes mínimas apresentadas nas tabelas 10, 11 e 12.



Fonte: NBR 15220, (ABNT, 2005).

Tabela 10 – Aberturas para ventilação e sobreamento para zona bioclimática 4.

Aberturas para ventilação	Sombreamento das aberturas
Médias	Sombrear aberturas

Fonte: NBR 15220, (ABNT, 2005).

Tabela 11 – Tipos de vedações externas para zona bioclimática 4.

Vedações externas
Parede: Pesada
Cobertura: Leve isolada

Fonte: NBR 15220, (ABNT, 2005).

Tabela 12– Estratégias de condicionamento térmico passivo para zona bioclimática 4.

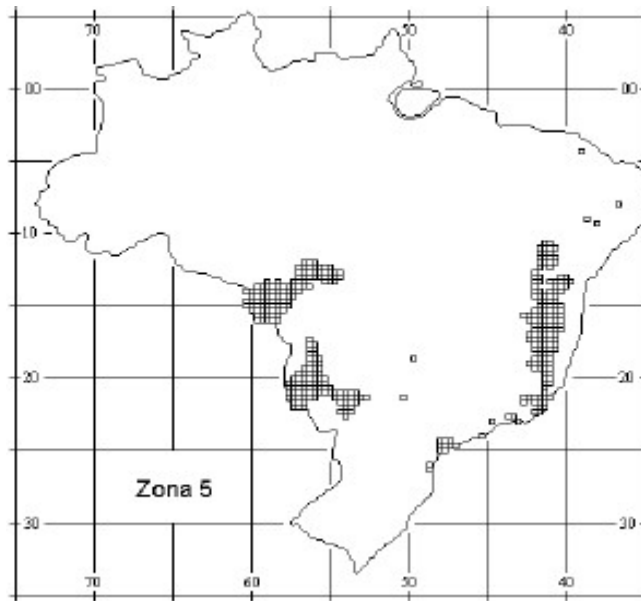
Estação	Estratégias de condicionamento térmico passivo
Verão	H) Resfriamento evaporativo e Massa térmica para resfriamento J) Ventilação seletiva (nos períodos quentes em que a temperatura interna seja superior à externa)
Inverno	B) Aquecimento solar da edificação C) Vedações internas pesadas (inércia térmica)
Nota: Os códigos H, J, B e C são os mesmos adotados na metodologia utilizada para definir o Zoneamento Bioclimático do Brasil (ver anexo B).	

Fonte: NBR 15220, (ABNT, 2005).

- Diretrizes construtivas para Zona Bioclimática 5

De acordo com a referência normativa em questão, os projetos a serem incorporados na seguinte zona deveram adotar as diretrizes mínimas apresentadas nas tabelas 13, 14 e 15.

Figura 12 – Zona bioclimática 5.



Fonte: NBR 15220, (ABNT, 2005).

Tabela 13 – Aberturas para ventilação e sobreamento para zona bioclimática 5.

Aberturas para ventilação	Sombreamento das aberturas
Médias	Sombrear aberturas

Fonte: NBR 15220, (ABNT, 2005).

Tabela 14 – Tipos de vedações externas para zona bioclimática 5.

Vedações externas
Parede: Leve refletora
Cobertura: Leve isolada

Fonte: NBR 15220, (ABNT, 2005).

Tabela 15 – Estratégias de condicionamento térmico passivo para zona bioclimática 5.

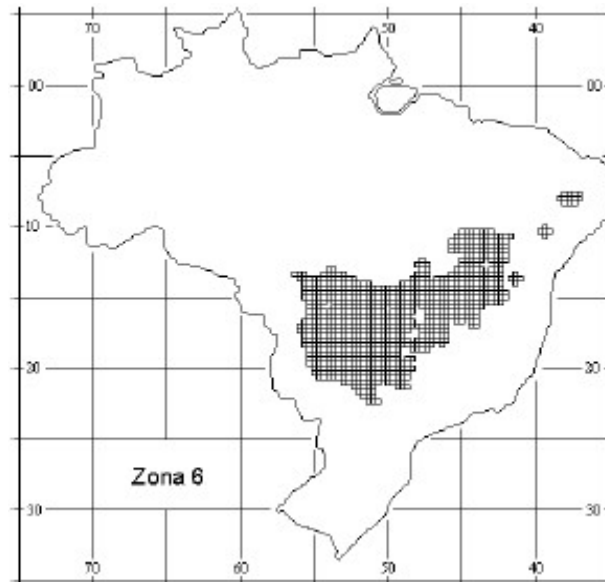
Estação	Estratégias de condicionamento térmico passivo
Verão	J) Ventilação cruzada
Inverno	C) Vedações internas pesadas (inércia térmica)
Nota: Os códigos J e C são os mesmos adotados na metodologia utilizada para definir o Zoneamento Bioclimático do Brasil (ver anexo B).	

Fonte: NBR 15220, (ABNT, 2005).

- Diretrizes construtivas para Zona Bioclimática 6

De acordo com a referência normativa em questão, os projetos a serem incorporados na seguinte zona deveram adotar as diretrizes mínimas apresentadas nas tabelas 16, 17 e 18.

Figura 13 – Zona bioclimática 6.



Fonte: NBR 15220, (ABNT, 2005).

Tabela 16 – Aberturas para ventilação e sobreamento para zona bioclimática 6.

Aberturas para ventilação	Sombreamento das aberturas
Médias	Sombrear aberturas

Fonte: NBR 15220, (ABNT, 2005).

Tabela 17 – Tipos de vedações externas para zona bioclimática 6.

Vedações externas
Parede: Pesada
Cobertura: Leve isolada

Fonte: NBR 15220, (ABNT, 2005).

Tabela 18 – Estratégias de condicionamento térmico passivo para zona bioclimática 6.

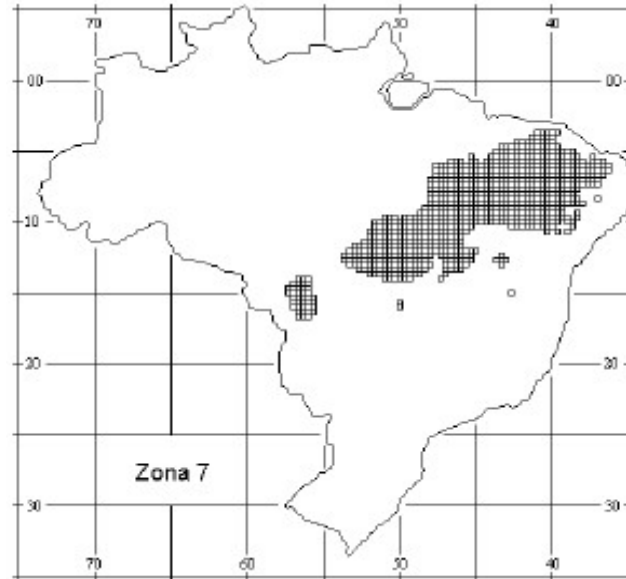
Estação	Estratégias de condicionamento térmico passivo
Verão	H) Resfriamento evaporativo e massa térmica para resfriamento J) Ventilação seletiva (nos períodos quentes em que a temperatura interna seja superior à externa)
Inverno	C) Vedações internas pesadas (inércia térmica)
Nota: Os códigos H, J e C são os mesmos adotados na metodologia utilizada para definir o Zoneamento Bioclimático do Brasil (ver anexo B).	

Fonte: NBR 15220, (ABNT, 2005).

- Diretrizes construtivas para Zona Bioclimática 7

De acordo com a referência normativa em questão, os projetos a serem incorporados na seguinte zona deveram adotar as diretrizes mínimas apresentadas nas tabelas 19, 20 e 21.

Figura 14 – Zona bioclimática 7.



Fonte: NBR 15220, (ABNT, 2005).

Tabela 19 – Aberturas para ventilação e sobreamento para zona bioclimática 7.

Aberturas para ventilação	Sombreamento das aberturas
Pequenas	Sombrear aberturas

Fonte: NBR 15220, (ABNT, 2005).

Tabela 20 – Tipos de vedações externas para zona bioclimática 7.

Vedações externas
Parede: Pesada
Cobertura: Pesada

Fonte: NBR 15220, (ABNT, 2005).

Tabela 21– Estratégias de condicionamento térmico passivo para zona bioclimática 7.

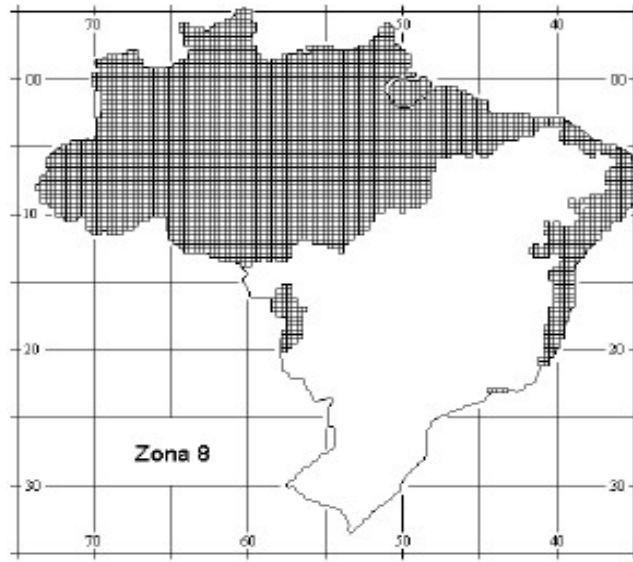
Estação	Estratégias de condicionamento térmico passivo
Verão	H) Resfriamento evaporativo e Massa térmica para resfriamento J) Ventilação seletiva (nos períodos quentes em que a temperatura interna seja superior à externa)
Nota: Os códigos H e J são os mesmos adotados na metodologia utilizada para definir o Zoneamento Bioclimático do Brasil (ver anexo B).	

Fonte: NBR 15220, (ABNT, 2005).

- Diretrizes construtivas para Zona Bioclimática 8

De acordo com a referência normativa em questão, os projetos a serem incorporados na seguinte zona deveram adotar as diretrizes mínimas apresentadas nas tabelas 22, 23 e 24.

Figura 15 – Zona bioclimática 8.



Fonte: NBR 15220, (ABNT, 2005).

Tabela 22 – Aberturas para ventilação e sobreamento para zona bioclimática 8.

Aberturas para ventilação	Sombreamento das aberturas
Grandes	Sombrear aberturas

Fonte: NBR 15220, (ABNT, 2005).

Tabela 23 – Tipos de vedações externas para zona bioclimática 8.

Vedações externas
Parede: Leve refletora
Cobertura: Leve refletora
Notas: 1 Coberturas com telha de barro sem forro, embora não atendam aos critérios das tabelas 23 e C.2, poderão ser aceitas na Zona 8, desde que as telhas não sejam pintadas ou esmaltadas. 2 Na Zona 8, também serão aceitas coberturas com transmitâncias térmicas acima dos valores tabelados, desde que atendam às seguintes exigências: a) contenham aberturas para ventilação em, no mínimo, dois beirais opostos; e b) as aberturas para ventilação ocupem toda a extensão das fachadas respectivas. Nestes casos, em função da altura total para ventilação (ver figura 18), os limites aceitáveis da transmitância térmica poderão ser multiplicados pelo fator (FT) indicado pela expressão 1.

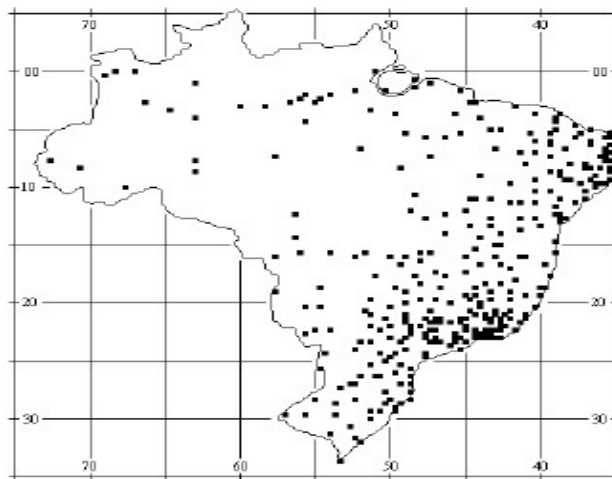
Fonte: NBR 15220, (ABNT, 2005).

A conceituação do zoneamento bioclimático brasileiro é ainda mais desenvolvida no Anexo B (normativo) Projeto 02:135.07-001/3:2003 - NBR 15220, (ABNT, 2005), que instaura que, “Para cada uma destas zonas, formulou-se um conjunto de recomendações técnico-

construtivas, objetivando otimizar o desempenho térmico das edificações, através de sua melhor adequação climática.”

Efetuada um levantamento com base em dados climáticos, o território brasileiro foi dividido em 6500 células, levando em consideração as médias mensais das temperaturas máximas, mínimas, e a umidade relativa do ar em cada um dos pontos desenvolvendo o mapeamento das células.

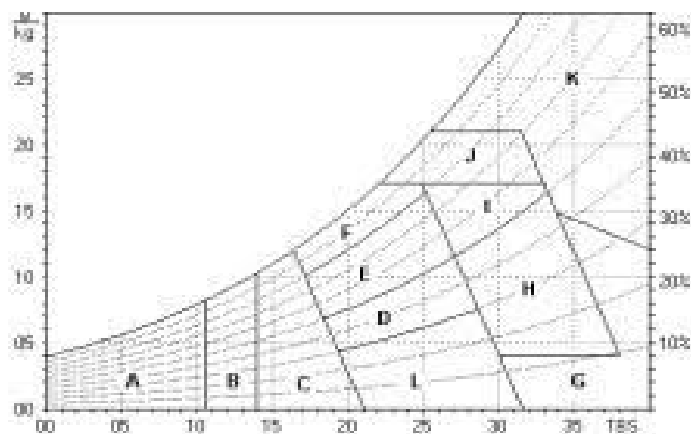
Figura 16 – Localização das células.



Fonte: NBR 15220, (ABNT, 2005).

Mapamento efetuado a partir de média ponderada, obtida com os valores coletados de entre quatro células vizinhas. De acordo com Item B.3 Método para classificação bioclimática - Anexo B (normativo) Projeto 02:135.07-001/3:2003 - NBR 15220, (ABNT, 2005), para desenvolver a classificação bioclimática foi adotado uma carta bioclimática, que passou adaptação após sugestão de Givoni (“Comfort, climate analysis and building design guidelines”. Energy and Building, vol.18, July/92).

Figura 17 – Carta bioclimática Adaptada.



Fonte: NBR 15220, (ABNT, 2005).

As zonas presente na carta correspondem às medidas:

Figura 18 – Definições bioclimáticas estratégicas.

A – Zona de aquecimento artificial (calefação)	G + H – Zona de resfriamento evaporativo
B – Zona de aquecimento solar da edificação	H + I – Zona de massa térmica de refrigeração
C – Zona de massa térmica para aquecimento	I + J – Zona de ventilação
D – Zona de Conforto Térmico (baixa umidade)	K – Zona de refrigeração artificial
E – Zona de Conforto Térmico	L – Zona de umidificação do ar
F – Zona de desumidificação (renovação do ar)	

Fonte: NBR 15220, (ABNT, 2005).

Fundamentado nas estratégias definidas acima e visando simplificar a aplicação de tais informações no desenvolvimento e execução de projetos, a classificação dos dados foi organizada da seguinte forma:

Conforme Anexo B (normativo) Projeto 02:135.07-001/3:2003 - NBR 15220, (ABNT, 2005):

Tabela 24 – Critérios para classificação bioclimática.

Classificação							Zona	Nº Cidades
A	B	C	D	H	I	J		
Sim					Não	Não	1	12
Sim							2	33
	Sim		Não	Não			3	62
	Sim						4	17
		Sim	Não	Não			5	30
		Sim					6	38
				Sim			7	39
			Não				8	99

Legenda: Sim = presença obrigatória
Não = presença proibida

NOTAS:
1 As estratégias não assinaladas com **sim** ou **não** podem estar no código do clima, mas sua presença não é obrigatória.
2 Percorrer a tabela de cima para baixo, adotando a primeira zona cujos critérios coincidam com o código.

Fonte: NBR 15220, (ABNT, 2005).

Presentes no Anexo C – (informativo), Projeto 02:135.07-001/3:2003 - NBR 15220, (ABNT, 2005), estão as recomendações construtivas para adequação da edificação ao clima local, aprofundando mais nos detalhes sobre as exigências apresentadas anteriormente por cada zona bioclimática.

O anexo apresenta as definições de forma simplificada referente à aberturas de ventilação e transmitância térmica, segue os dados:

Tabela 25 – Aberturas para ventilação.

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

Fonte: NBR 15220, (ABNT, 2005).

Tabela 26 – Transmitância térmica, atraso térmico e fator de calor solar admissíveis para cada tipo de vedação externa.

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

NOTAS
 1 Transmitância térmica, atraso térmico e fator solar (ver 02:135.07-001/2)
 2 s aberturas efetivas para ventilação são dadas em percentagem da área de piso em ambientes de longa permanência (cozinha, dormitório, sala de estar).
 3 No caso de coberturas (este termo deve ser entendido como o conjunto telhado mais ático mais forro), a transmitância térmica deve ser verificada para fluxo descendente.
 4 O termo "ático" refere-se à câmara de ar existente entre o telhado e o forro.

Fonte: NBR 15220, (ABNT, 2005).

Presentes no Anexo A (normativo) - Projeto 02:135.07-001/3:2003 - NBR 15220, (ABNT, 2005), estão relacionados as 330 cidades mapeadas em ordem alfabética através dos dados encontrados no Anexo B, e no zoneamento bioclimático brasileiro.

Desenvolvido para auxiliar e facilitar o desenvolvimento e planejamento de projetos, através dos dados e características climáticas apresentadas abaixo buscamos o atendimento dos requisitos normativos.

Amparados por definições e parâmetros que nos norteia ao atendimento do conforto térmico nas edificações, a NBR 15575, (ABNT, 2013), instaurou que, todos os projetos executados deverão atender os requisitos mínimos quando a desempenho térmico.

Para desenvolver tal objetivo a norma de desempenho apresenta três diferentes métodos, chamados procedimentos. E através de dados determinam o desempenho térmico das edificações e o atendimento quanto às exigências prescritas, inseridas nas duas normas em questão.

Conforme a NBR 15575-1, (ABNT, 2013)os métodos são três:

Procedimento 1 – Simplificado (normativo) – atendimento aos requisitos e critérios para os sistemas de vedação e cobertura, conforme ABNT NBR 15575-4 e ABNT NBR 15575-5.

Procedimento 2 – Medição (in-loco), (informativo) – Verificação do atendimento aos requisitos e critérios estabelecido nas normas, por meio da realização de medições em edificações ou protótipos construídos.

Procedimento 3 – Simulação Computacional – Para realização das simulações computacionais recomenda-se o emprego do programa EnergyPlus. Avaliando o comportamento térmico das edificações sob condições dinâmicas

de exposição ao clima, sendo capazes de reproduzir os efeitos de inércia térmica (NBR 15575-1, pag. 21 e 22, ABNT, 2013).

O primeiro procedimento é prático, simples, íntegro e confiável, sendo definido como método avaliativo simplificado, ele tem ganhado cada vez mais espaço. Desenvolvido através do roteiro descrito em norma, este método é cada vez mais utilizado para verificação e avaliação de transmitância térmica e capacidade térmica, conforme os critérios e métodos estabelecidos nas . NBR 15575-4, (ABNT, 2013) e NBR 15575-5, (ABNT, 2013).

Utilizando os dados disponibilizados nos projetos e prescrições normativas inseridos na NBR 15220, (ABNT, 2005) são efetuados os cálculos de transmitância, capacitância, ventilação mínima exigida, dentre outros quesitos, obtendo assim dados particulares de cada projeto podendo ser aplicados e simulados nas zonas bioclimáticas mapeadas no nosso país.

Seguindo os parâmetros descritos na norma de desempenho térmico, os dados obtidos são analisados, assim concluímos se a edificação se enquadra nos critérios mínimos exigidos em cada zona bioclimática.

Caso resultem em desempenho térmico insatisfatório, o projetista deve avaliar o desempenho térmico da edificação como um todo buscando soluções e alterações no método executivo para que o conforto térmico seja atingido.

O método simplificado atua em duas partes da norma de desempenho, a parte 4 da NBR 15575 trata dos sistemas de vedações verticais internas e externas (SVVIE) e a parte 5 da NBR 15575 se refere às exigências dos usuários e aos requisitos referentes aos sistemas de cobertura, os cálculos são feitos para ambas as partes e também para a verificação de ventilação mínima nos ambientes.

Conceituado como o método mais prático e usual, prevendo transtornos futuros aos construtores e moradores, devido a sua praticidade é possível fazer as simulações em diversas zonas bioclimáticas em diferentes condições e estratégias. Assim, podemos garantir o atendimento quanto ao conforto térmico antes mesmo de iniciarmos a execução.

O segundo procedimento, no que lhe concerne, através da medição (*in-loco*) verificamos o atendimento aos requisitos e critérios estabelecidos na NBR 15575-1, (ABNT, 2013) – Requisitos Gerais, por meio da realização de medições em edificações ou modelos construídos. “ Este método é de caráter meramente informativo e não se sobrepõe aos procedimentos descritos no método simplificado (normativo)” de acordo com o LABEEE – Desempenho térmico em Edificações, 2016.

Método pouco utilizado, apresenta alto custo e exige muito tempo para ser executado. Os dados são levantados através de aparelhos que são instalados no local a ser avaliado, assim

como no simplificado também é necessário as informações descritas em projeto, materiais a serem utilizados, método executivo, dentre outros fatores.

Pouco viável pois a medição é feita *In-loco*, exigindo o deslocamento da equipe calculista juntamente com os equipamentos que compõe o laboratório, elevando muito o custo da operação, levando em consideração o deslocamento e o valor associado aos aparelhos utilizados, o que eleva o custo em mais de 100% se comparado ao método simplificado.

O método também é feito através de cálculos conforme procedimentos apresentados nas normas, os dados encontrados através deste método não sobrepõe o outros métodos apresentados, o que faz com que o método de medição *In-loco* seja pouco utilizado.

Por fim, o terceiro procedimento definido como simulação computacional, assim como os outros métodos, também se refere as normas regulamentadoras. Para a realização das simulações são utilizados como referência o Anexo A onde está descrito as características quanto a zona bioclimática, caso a simulação seja feita em uma cidade que não esteja mapeada no Anexo A, os dados a serem adotados deve ser das cidades mais proximas com características parecidas.

Para realização das simulações computacionais é recomendado pela norma a utilização do programa EnergyPlus. O software considera a edificação como um todo, considerando cada ambiente como uma zona térmica, avaliando as condições dinâmicas de exposição ao clima, reproduzindo efeitos de inércia térmica.

O método de simulação em questão é muito utilizado devido a sua praticidade, assim como os demais também é necessário as informações descritas nos projetos, assim como no método simplificado a simulação pode ser efetuada somente com as definições do projeto, o que facilita a simulação, podendo ser executada em varias zonas bioclimáticas prevendo maiores transtornos.

O método a ser aplicado é o procedimento 1 – Simplificado, especificado em norma e detalhado na NBR 15220, (ABNT, 2005), utilizando dados bioclimáticos também inseridos em norma. A avaliação será feita sobre três diferentes projetos executados em diversas regiões do estado de Goiás, onde apontaremos o comportamento dos materiais e métodos executivos sob condições distintas.

Posteriormente apresentaremos os desempenhos obtidos em cada região, exibindo os pontos positivos e negativos, com o intuito de garantir o atendimento quanto ao conforto térmico e apontar soluções embasadas na norma a possíveis não conformidades.

3 ESTUDO DE CASO

Após estudos realizados para fundamentação teórica do presente trabalho, aplica-se os métodos e as exigências normativas descritas na NBR 15220, (ABNT, 2005) e NBR 15575, (ABNT, 2013) em distintos projetos, afim de avaliar o comportamento da edificação quanto ao desempenho térmico habitacional em três diferentes zonas bioclimáticas situadas no estado de Goiás.

O método aplicado é o procedimento 1 – Simplificado – (normativo), especificado na NBR 15575, (ABNT, 2013) e detalhado na NBR 15220, (ABNT, 2005), utilizando dados bioclimáticos, características e estratégias climáticas descritas nos Anexos A, B e C presentes no Projeto 02:135.07-001/3:2003 - NBR 15220, (ABNT, 2005).

A escolha de tal método se deve a eficácia e a praticidade do mesmo, o que nos possibilita avaliar vários projetos em zonas de características climáticas distintas, prevendo transtornos, antecipando ações corretivas e garantindo o desempenho da edificação antes mesmo do início da sua execução.

A avaliação será feita sobre três projetos de características distintas executados em diferentes regiões do estado de Goiás, onde aponta-se o comportamento dos materiais utilizados e os métodos executivos sob diferentes condições climáticas.

As cidades definidas para se efetuar as avaliações nos diferentes projetos foram três, onde cada uma delas apresentam particularidades específicas, nos possibilitando avaliar de maneira integra cada um dos projetos apresentados, avaliando o desempenho térmico da edificação.

Tabela 27 – Características climáticas dos municípios – Anexo A.

UF	Municípios	Estratégias (Anexo B)	Zona <u>Bioclimática</u>
GO	Cidade de Goiás	FHIJ	7
GO	Luziânia	BCDFI	4
GO	Rio Verde	CDFHIJ	6

Fonte: NBR 15220, (ABNT,2005).

Os três municípios em questão foram definidos para ser avaliados de forma estratégica, situados cada um em uma região do estado de Goiás eles apresentam características bioclimáticas distintas, são elas:

- a) Cidade de Goiás, situada a 145 km da capital, é localizada na zona oeste do estado registra temperaturas elevadas, o que influenciou para ser classificada como zona 07.

Fonte: Próprio autor.

3.1.2 Projeto 02 – Unidade habitacional (62,75 m²)

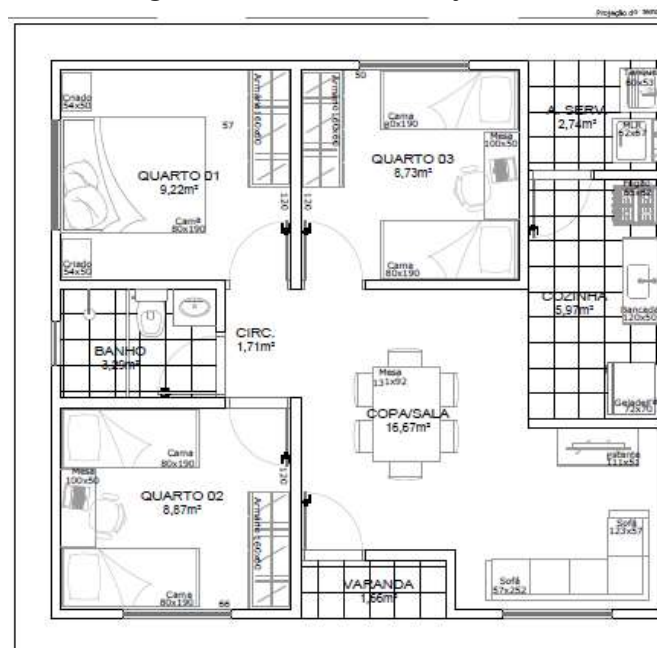
Projeto aprovado e financiado pelo Programa Minha Casa Minha Vida no estado de Goiás, a edificação apresentada se enquadra na Faixa 2 que beneficia famílias com renda bruta de até R\$ 3.600,00 por mês.

Informações necessárias para avaliação de desempenho térmico habitacional:

- Parede com Bloco de concreto, dimensões: 11,5 cm x 19 cm x 39 cm;
- Revestimento Externo: Reboco com dimensão de 1,5 cm;
- Revestimento Interno: Reboco com dimensão de 2,0 cm;
- Pintura externa: cor – Marrom $\alpha = 0,7$. Classificação – cor escura; - O valor de α é definido de acordo com a Tabela B.2 – NBR 15220-2, (ABNT, 2005).

Memorial desenvolvido de acordo com a NBR 15575, (ABNT, 2013) e NBR 15220-2, (ABNT, 2005).

Figura 20 – Planta baixa Projeto 02.



Fonte: Próprio autor.

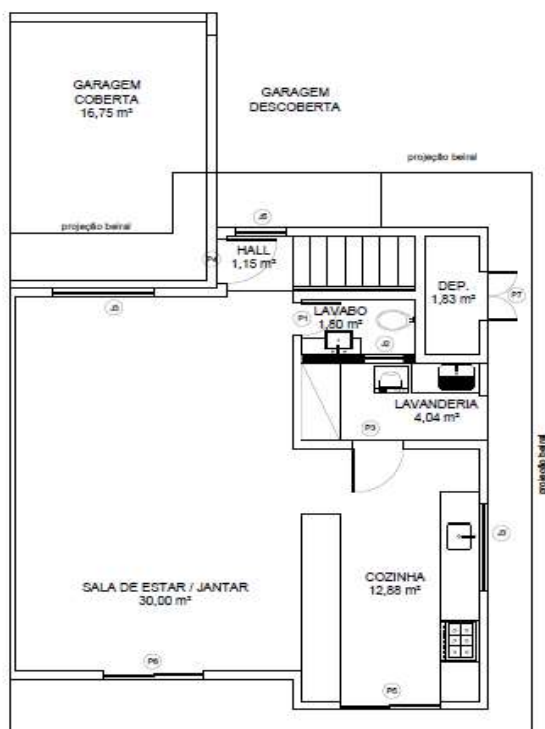
3.1.3 Projeto 03 – Unidade habitacional (134,64 m²)

Projeto aprovado e financiado pelo Programa Minha Casa Minha Vida no estado de Goiás, a edificação apresentada se enquadra na Faixa 3 que beneficia famílias com renda bruta de até R\$ 6.500,00 por mês.

Informações necessárias para avaliação de desempenho térmico habitacional:

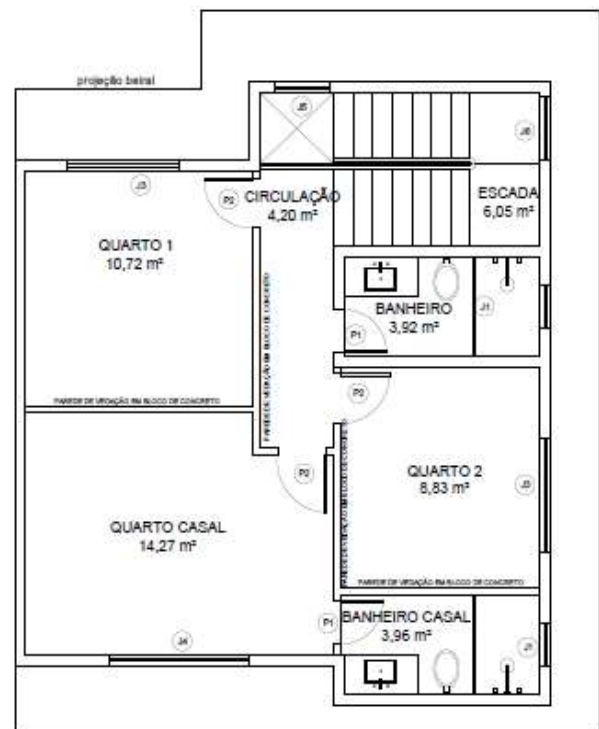
- Resistência térmica superficial interna = $R_{si} = 0,13 \text{ (m}^2\cdot\text{K)/W}$
- Resistência térmica superficial externa = $R_{se} = 0,04 \text{ (m}^2\cdot\text{K)/W}$
- Resistência térmica de câmaras de ar não ventiladas = $R_{ar} = 0,17 \text{ (m}^2\cdot\text{K)/W}$
- R_{ar} , cobertura: $0,21 \text{ (m}^2\cdot\text{K)/W}$
- Pintura externa: cor – Branco Gelo $\alpha = 0,3$. Classificação – cor clara; - O valor de α é definido de acordo com a Tabela B.2 – NBR 15220-2, (ABNT, 2005).

Figura 21 – Planta baixa inferior Projeto 03.



Fonte: Próprio autor.

Figura 22 – Planta baixa superior Projeto 03.



Fonte: Próprio autor.

4 ANÁLISE DE RESULTADOS

De acordo com a aplicação do método procedimento 1 – Simplificado – (normativo), especificado na NBR 15575, (ABNT, 2013) e detalhado na NBR 15220, (ABNT, 2005), utilizando dados bioclimáticos, características e estratégias climáticas descritas nos Anexos A, B e C presentes no Projeto 02:135.07-001/3:2003 - NBR 15220, (ABNT, 2005), foram obtidos os seguintes resultados:

Tabela 28 – Resolução dos cálculos.

Resolução dos cálculos			
Projeto	Transmitância de parede (W/ m². k)	Capacitância (Kj / m² . K)	Transmitância de Cobertura (W/ m². k)
Projeto 01	2,53	222,64	1,57
Projeto 02	2,87	249,7	1,59
Projeto 03	2,63	222,68	1,65

Fonte: Próprio autor.

Tabela 29 – Área mínima de ventilação.

Área mínima de ventilação			
Ambientes	Projeto 01(%)	Projeto 02 (%)	Projeto 03 (%)
Copa/sala	16,80	14,75	-
Sala	-	-	9,06
Quarto 01	7,44	8,13	8,95
Quarto 02	8,32	8,45	10,87
Quarto 03	-	8,59	-
Quarto suíte	-	-	8,41

Fonte: Próprio autor.

Os valores encontrados na Tabela 28 – Resolução dos cálculos, através da aplicação do procedimento 1 – Simplificado – (normativo), foram comparados de acordo com a Tabela 26 – Transmitância térmica de paredes externa, Tabela 30 – Capacidade térmica de paredes externas, Tabela 31 – Área mínima de ventilação em dormitórios e salas de estar, NBR 15575-4, (ABNT, 2013) e Tabela 32 – Critérios de coberturas quanto à transmitância térmica – M, NBR 15575-5. (ABNT, 2013), obtendo os seguintes resultados de acordo com cada zona bioclimática.

Tabela 30 – Capacidade térmica de paredes externas.

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

Fonte: NBR 15575-4, (ABNT,2013).

Tabela 31 – Capacidade térmica de paredes externas.

Capacidade térmica (CT) kJ/m ² .K	
Zonas 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7	Zona 8
≥ 130	Sem requisito

Fonte: NBR 15575-4, (ABNT,2013).

Tabela 32 – Critérios de coberturas quanto à transmitância térmica – M

Transmitância térmica (U) W/m ² K				
Zonas 1 e 2	Zonas 3 a 6		Zonas 7 e 8	
U ≤ 2,30	α ≤ 0,6	α > 0,6	α ≤ 0,4	α > 0,4
	U ≤ 2,3	U ≤ 1,5	U ≤ 2,3 FT	U ≤ 1,5 FT
α é absorptância à radiação solar da superfície externa da cobertura. NOTA O fator de correção da transmitância (FT) é estabelecido na ABNT NBR 15220-3.				

Fonte: NBR 15575-5, (ABNT,2013).

Tabela 33 – Critérios de avaliação de desempenho térmico para condições de inverno

Nível de desempenho	Critério	
	Zonas bioclimáticas 1 a 5	Zonas bioclimáticas 6, 7 e 8
M	T _{i,mín.} ≥ (T _{e,mín.} + 3 °C)	Nestas zonas, este critério não precisa ser verificado
I	T _{i,mín.} ≥ (T _{e,mín.} + 5 °C)	
S	T _{i,mín.} ≥ (T _{e,mín.} + 7 °C)	
T _{i,mín.} é o valor mínimo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus Celsius. T _{e,mín.} é o valor mínimo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus Celsius. NOTA Zonas bioclimáticas de acordo com a ABNT NBR 15220-3.		

Fonte: NBR 15.575 – 1, (ABNT, 2013).

Através dos dados inseridos na Tabela 30 – Capacidade térmica de paredes externas, Tabela 31 – Capacidade Térmica e Tabela 32 – Critérios de cobertura quanto à transmitância térmica – M fizemos os comparativos. Como o observado os valores variam de acordo com a zona bioclimática e o grau de absorptância à radiação solar na superfície da parede externa, que varia de acordo com a cor definida para fazer a pintura da mesma. A Tabela 33 – Critérios de avaliação de desempenho térmico para condições de inverno, é considerado requisito atendido

quando os valores de transmitância térmica de parede e cobertura, e capacitância térmica de parede encontrados são maiores que o mínimo. Sendo assim está em conformidade com as exigências da NBR 15.575 – 1, (ABNT, 2013). Segundo a NBR 15.220-3, (ABNT, 2005) a sigla FT é o fator de correção de transmitância aceitável para as coberturas utilizado somente nos cálculos em regiões de zona bioclimática 8.

4.1 ANÁLISE NA ZONA BIOCLIMÁTICA 04 – LUZIÂNIA - GOIÁS

A zona bioclimática número 04 abrange a área do município de Luziânia, localizado na região leste do estado de Goiás. De acordo com as tabelas apresentadas acima foi feito o comparativo entre os projetos, obtendo o seguinte desempenho:

Projeto 01:

Grau de absorvância à radiação solar na superfície da parede externa $\alpha = 0,3$

- **Transmitância térmica da parede = 2,53 (W/m².k)**

- **Capacitância = 222,64 (Kj/m².k)**

- **Transmitância térmica de cobertura = 1,57 (W/m².k)**

- Requisito atendido de acordo com as exigências da da Tabela 30 e 31 da NBR 15575-4, (ABNT, 2013) e Tabela 32 da NBR 15575-5, (ABNT, 2013).

Projeto 02:

Grau de absorvância à radiação solar na superfície da parede externa $\alpha = 0,7$.

- **Transmitância térmica da parede = 2,87 (W/m².k)**

- **Capacitância = 249,7 (Kj/m².k)**

- **Transmitância térmica de cobertura = 1,59 (W/m².k)**

- Requisito de Transmitância térmica de Parede não atendido de acordo com as exigências da Tabela 30 da NBR 15575-4, (ABNT, 2013), necessário ação corretiva. Já os requisito de capacitância e Transmitância térmica de cobertura foram atendido de acordo com as exigências da da Tabela 31 da NBR 15575-4, (ABNT, 2013) e Tabela 32 da NBR 15575-5, (ABNT, 2013).

Projeto 03:

Grau de absorvância à radiação solar na superfície da parede externa $\alpha = 0,3$.

- **Transmitância térmica da parede = 2,63 (W/m².k)**

- **Capacitância = 222,68 (Kj/m².k)**

- Transmitância térmica de cobertura = 1,65 (W/m².k)

- Requisito atendido de acordo com as exigências da da Tabela 30 e 31 da NBR 15575-4, (ABNT, 2013) e Tabela 32 da NBR 15575-5, (ABNT, 2013).

De acordo com os cálculos presentes no Memorial de Cálculo da zona bioclimática 04, os projetos 01, 02 e 03 atendem a Transmitância Térmica de paredes e coberturas, e Capacitância Térmica de paredes, sendo assim, este quesito atende ao Nível Mínimo da Norma de Desempenho. (ABNT NBR 15.575 – 1, 2013).

4.2 ANÁLISE NA ZONA BIOCLIMÁTICA 06 – RIO VERDE - GOIÁS

A zona bioclimática número 06 abrange a área do município de Rio verde, localizado na região sudoeste do estado de Goiás. De acordo com as tabelas apresentadas acima foi feito o comparativo entre os projetos, obtendo o seguinte desempenho:

Projeto 01:

Grau de absorvância à radiação solar na superfície da parede externa $\alpha = 0,3$.

- Transmitância térmica da parede = 2,53 (W/m².k)

- Capacitância = 222,64 (Kj/m².k)

- Transmitância térmica de cobertura = 1,57 (W/m².k)

- Requisito atendido de acordo com as exigências da da Tabela 30 e 31 da NBR 15575-4, (ABNT, 2013) e Tabela 32 da NBR 15575-5, (ABNT, 2013).

Projeto 02:

Grau de absorvância à radiação solar na superfície da parede externa $\alpha = 0,7$.

- Transmitância térmica da parede = 2,87 (W/m².k)

- Capacitância = 249,7 (Kj/m².k)

- Transmitância térmica de cobertura = 1,59 (W/m².k)

- Requisito de Transmitância térmica de Parede não atendido de acordo com as exigências da Tabela 30 da NBR 15575-4, (ABNT, 2013), necessário ação corretiva. Já os requisito de capacitância e Transmitância térmica de cobertura foram atendido de acordo com as exigências da da Tabela 31 da NBR 15575-4, (ABNT, 2013) e Tabela 32 da NBR 15575-5, (ABNT, 2013).

Projeto 03:

Grau de absorvância à radiação solar na superfície da parede externa $\alpha = 0,3$.

- **Transmitância térmica da parede = 2,63 (W/m².k)**

- **Capacitância = 222,68 (Kj/m².k)**

- **Transmitância térmica de cobertura = 1,65 (W/m².k)**

- Requisito atendido de acordo com as exigências da da Tabela 30 e 31 da NBR 15575-4, (ABNT, 2013) e Tabela 32 da NBR 15575-5, (ABNT, 2013).

De acordo com os cálculos presentes no Memorial de Cálculo da zona bioclimática 06, os projetos 01, 02 e 03 atendem a Transmitância Térmica de paredes e coberturas, e Capacitância Térmica de paredes, sendo assim, este quesito atende ao Nível Mínimo da Norma de Desempenho. (ABNT NBR 15.575 – 1, 2013).

4.3 ANÁLISE NA ZONA BIOCLIMÁTICA 07 – CIDADE DE GOIÁS - GOIÁS

A zona bioclimática número 07 abrange a área da Cidade de Goiás, localizado na região oeste do estado de Goiás. De acordo com as tabelas apresentadas acima foi feito o comparativo entre os projetos, obtendo o seguinte desempenho:

Projeto 01:

Grau de absorvância à radiação solar na superfície da parede externa $\alpha = 0,3$.

- **Transmitância térmica da parede = 2,53 (W/m².k)**

- **Capacitância = 222,64 (Kj/m².k)**

- **Transmitância térmica de cobertura = 1,57 (W/m².k)**

- Requisito atendido de acordo com as exigências da da Tabela 30 e 31 da NBR 15575-4, (ABNT, 2013) e Tabela 32 da NBR 15575-5, (ABNT, 2013).

Projeto 02:

Grau de absorvância à radiação solar na superfície da parede externa $\alpha = 0,7$.

- **Transmitância térmica da parede = 2,87 (W/m².k)**

- **Capacitância = 249,7 (Kj/m².k)**

- **Transmitância térmica de cobertura = 1,59 (W/m².k)**

- Requisito de Transmitância térmica de Parede não atendido de acordo com as exigências da Tabela 30 da NBR 15575-4, (ABNT, 2013), necessário ação corretiva. Já os requisito de capacitância e Transmitância térmica de cobertura foram atendido de acordo com as exigências da da Tabela 31 da NBR 15575-4, (ABNT, 2013) e Tabela 32 da NBR 15575-5, (ABNT, 2013).

Projeto 03:

Grau de absorvância à radiação solar na superfície da parede externa $\alpha = 0,3$.

- **Transmitância térmica da parede = 2,63 (W/m².k)**

- **Capacitância = 222,68 (Kj/m².k)**

- **Transmitância térmica de cobertura = 1,65 (W/m².k)**

- Requisito atendido de acordo com as exigências da Tabela 30 e 31 da NBR 15575-4, (ABNT, 2013) e Tabela 32 da NBR 15575-5, (ABNT, 2013).

De acordo com os cálculos presentes no Memorial de Cálculo da zona bioclimática 07, os projetos 01, 02 e 03 atendem a Transmitância Térmica de paredes e coberturas, e Capacitância Térmica de paredes, sendo assim, este quesito atende ao Nível Mínimo da Norma de Desempenho. (ABNT NBR 15.575 – 1, 2013).

Como observado, os projetos 01 e 03 obtiveram êxito quanto ao desempenho térmico, se enquadrando dentro dos requisitos normativos especificados para cada uma das zonas bioclimáticas distintas. Em contrapartida, o projeto 02 ficou abaixo quanto à transmitância da parede, levando em consideração que o grau de absorvância à radiação solar na parede externa é igual a $\alpha = 0,7$ devido a cor marrom definida inicialmente pelo projetista.

Após os resultados apresentados no projeto 02 é necessário uma ação corretiva, envolvendo economia e segurança e garantindo o desempenho da edificação. A medida adotada é a alteração da cor a ser utilizada na pintura externa, a aplicação de uma cor classificada como “cor clara” influenciou diretamente no grau de absorvância à radiação solar na parede externa, chegando a $\alpha = 0,3$. De acordo com a Tabela 30, se $\alpha \leq 0,6$, a transmitância térmica da parede é $U \leq 3,7$, sendo assim o desempenho é atendido se enquadrando nos parâmetros normativos da NBR 15575-4, (ABNT, 2013).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A abordagem dos processos realizados durante a pesquisa se referencia ao Procedimento 1 – Simplificado (normativo), citado no desenvolvimento do presente trabalho. Através desta ferramenta e das prescrições normativas referente à desempenho térmico pôde-se sintetizar toda a estrutura da nossa pesquisa.

De acordo com os parâmetros definidos nas referências normativas em questão, seguindo o roteiro especificado por norma chega-se aos dados que classificam as edificações de acordo com cada zona bioclimática. Por se tratar de projetos com tipologias distintas cada uma das simulações apresentou particularidades.

O comparativo foi efetuado de acordo com os anexos insisos na NBR 15220, (ABNT, 2005) e exigências presentes na NBR 15575-4, (ABNT,2013) e NBR 15575-5, (ABNT,2013) que define os parâmetros quanto a transmitância e capacitância térmica, efetuando a classificação dos projetos de acordo com os requisitos mínimos de cada zona bioclimática, de tal forma foi apontado o desempenho térmico de cada edificação nos municípios simulados.

O projeto 01 e 03 apresenta-se edificações pertencentes as Faixa 1,5 e 3 no Programa Minha Casa Minha Vida, executadas com blocos de concreto, cobertura de telha cerâmica e pintura externa de cor clara, apresentando um grau de absorvância baixo. Os valores encontrados quanto à transmitância térmica da parede e cobertura, e capacitância foram satisfatório nas três zonas bioclimáticas simuladas.

Inserido na Faixa 2 do PMCMV, o projeto 02 é apresentado com uma edificação composta por blocos de concreto, também recebe cobertura com telha cerâmica e pintura externa definida em projeto na cor marrom, apresentando um alto grau de absorvância, o que influenciou diretamente nos números obtidos. Os valores da transmitância térmica da parede não foi satisfatório de acordo com a NBR 15575-4, (ABNT,2013), exigindo uma ação corretiva específica.

Almejando o desempenho térmico da edificação e levando em consideração a segurança e economia, a solução adotada foi simples. Buscando a redução do grau de absorvância à radiação solar na parede externa foi definido a alteração na pintura externa da residência, optando por uma cor mais clara, reduzindo consideravelmente o fator α , de $\alpha = 0,7$ para $\alpha = 0,3$. Desta maneira a transmitância térmica da parede externa se enquadra nos parâmetros normativos.

Aplicando-se o método procedimento 1 – Simplificado – (normativo), especificado na NBR 15575, (ABNT, 2013), é possível identificar não-conformidades de projeto, processos e materiais antes mesmo da execução do empreendimento, o que nos trás uma praticidade para solucionar eventuais problemas, facilitando o atendimento as normas, garantindo a segurança tudo isso com uma maior economia.

Por fim, é imprescindível que se tenha uma garantia da qualidade do produto final entregue pelas construtoras e o atendimento aos requisitos normativos é o mínimo exigido para se alcançar esse objetivo. Deve-se pensar no hoje e sobretudo no amanhã, afinal a incumbência como engenheiros é a longo prazo.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220: Desempenho térmico de edificações Parte 1: Definições, símbolos e unidades**. Rio de Janeiro, 2003.

_____. **NBR 15220-5: Desempenho Térmico de Edificações**. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 15575-1: Edificações Habitacionais – Desempenho – Parte 1: Requisitos Gerais**. Rio de Janeiro, 2013.

_____. **NBR 15575-4: Edificações Habitacionais – Desempenho – Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas - SVVIE**. Rio de Janeiro, 2013.

_____. **NBR 15575-5: Edificações Habitacionais – Desempenho – Parte 5: Requisitos para os sistemas de coberturas**. Rio de Janeiro, 2013.

BRASIL. Governo do Brasil – Programa Habitacional. **Minha Casa Minha Vida completa cinco anos com entrega de 1,7 mi unidades**. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/editoria/infraestrutura/2014/06/minha-casa-minha-vida-completa-cinco-anos-com-entrega-de-1-7-mi-unidades>>. Acesso em: 07 jun. 2018.

_____. Ministério das Cidades. **Minha Casa Minha Vida**. Disponível em: <<http://www.minhacasaminhavida.gov.br/>>. Acesso em: 29 jan. 2018.

_____. Ministério das Cidades. **Programa minha casa minha vida**. 2016. Disponível em: <<http://www.minhacasaminhavida.gov.br/habitacao-cidades/programa-minha-casa-minha-vida-pmcmv>>. Acesso em: 07 jun. 2018.

_____. Ministério das Cidades. **Projetos**. Disponível em: <http://pbqp-h.cidades.gov.br/projetos_siac.php>. Acesso em: 29 jan. 2018.

CÂNDIDO, Victor. **2017 o ano da retomada?**. Terraço Econômico, 2017. Disponível em: <<http://terraoeconomico.com.br/2017-o-ano-da-retomada>>. Acesso em: 07 jun. 2018.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. **Minha Casa Minha Vida – Habitação Urbana**. Disponível em: <<http://www.caixa.gov.br/voce/habitacao/minha-casa-minha-vida/urbana/Paginas/default.aspx>>. Acesso em: 15 out. 2017.

FORMOSO, Carlos Torres. **Lean Construction: princípios básicos e exemplos. Construção Mercado: custos, suprimentos, planejamento e controle de obra**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul-NORIE/URFS, 2002.

G1 ECONOMIA. **Entenda as metas de inflação e seu papel na economia**. São Paulo, 2015. Disponível em: <<http://g1.globo.com/economia/noticia/2015/01/entenda-metas-de-inflacao-e-seu-papel-na-economia.html>>. Acesso em: 05 fev. 2018.

GIVONI, Baruch. Comfort, Climate Analysis and Building Design Guidelines. **Energy and Buildings**, v. 18, n. 1, 1992.

ISO 7726/1998 - Ergonomics of the thermal environment - **Instruments for measuring physical quantities**. ASHRAE Standard 55-2013 - Thermal Environmental Conditions for

Human Occupancy. Disponível em: < <https://www.iso.org/standard/14562.html>>. Acesso em: 05 ago. 2019.

ISO 7730/2005. Ergonomics of the thermal environment - **Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria**. Disponível em: <<https://www.iso.org/standard/39155.html>>. Acesso em: 05 ago. 2018.

LAMBERTS, Roberto. **Desempenho térmico de edificações**. Florianópolis/SC, 2016. Dissertação Universidade Federal de Santa Catarina CTC – Departamento de Engenharia Civil, em conjunto com Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. Disponível em: <http://www.labee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/ApostilaECV5161_v2016.pdf>. Acesso em: 05 ago. 2018.

MARICATO, Ermínia. **O Ministério das Cidades e a Política Nacional de Desenvolvimento Urbano**. Ipea, 2006. Disponível em: <http://www.en.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/politicas_sociais/ensaio2_ministerio12.pdf>. Acesso em: 17 fev. 2018.

REIS, José Cláudio dos; SELOW, Marcela Lima Cardoso. **Programa “Minha Casa Minha Vida”**. Dissertação (pós-graduação em Gestão de Pessoas no Serviço Público) – Faculdade Dom Bosco, Curitiba/PR, 2016.

APÊNDICE

MEMORIAL DE CÁLCULOS

Projeto 01

Característica térmica dos materiais NBR 15220-2, (ABNT, 2005):

- 1) Concreto/Bloco de Concreto:
 - Densidade de massa aparente (ρ) = 2.400 Kg/m³
 - Condutividade térmica (λ) = 1,75 W/(m.k)
 - Calor específico (c) = 1,00 KJ/(Kg.k)

- 2) Argamassa:
 - Densidade de massa aparente (ρ) = 2.100 Kg/m³
 - Condutividade térmica (λ) = 1,15 W/(m.k)
 - Calor específico (c) = 1,00 KJ/(Kg.k)

- 3) Argamassa Gesso:
 - Densidade de massa aparente (ρ) = 1.200 Kg/m³
 - Condutividade térmica (λ) = 0,70 W/(m.k)
 - Calor específico (c) = 0,84 KJ/(Kg.k)

- 4) Telhas de Cerâmica:
 - Densidade de massa aparente (ρ) = 2.000 Kg/m³
 - Condutividade térmica (λ) = 1,05 W/(m.k)
 - Calor específico (c) = 0,92 KJ/(Kg.k)

- 5) Forro PVC:
 - Densidade de massa aparente (ρ) = 1.400 Kg/m³
 - Condutividade térmica (λ) = 0,20 W/(m.k)
 - Resistência térmica superficial interna = R_{si} = 0,13 (m².K)/W
 - Resistência térmica superficial externa = R_{se} = 0,04 (m².K)/W
 - Resistência térmica de câmaras de ar não ventiladas = R_{ar} = 0,17 (m².K)/W
 - R_{ar} , cobertura: 0,21 (m².K)/W

MEMORIAL DE CÁLCULO DA TRANSMITÂNCIA TÉRMICA E CAPACITÂNCIA TÉRMICA DA PAREDE:

- Parede com Bloco de concreto, dimensões: 11,5 cm x 19 cm x 39 cm;
- Revestimento Externo: Reboco com dimensão de 1,5 cm;
- Revestimento Interno: Gesso com dimensão de 2,0 cm;
- Pintura externa: cor – Areia $\alpha = 0,3$. Classificação – cor clara; - O valor de α é definido de acordo com a Tabela B.2 – NBR 15220-2, (ABNT, 2005).

Memorial desenvolvido de acordo com a NBR 15575, (ABNT, 2013) e NBR 15220-2, (ABNT, 2005).

RESISTÊNCIA DO BLOCO:

- Seção 1 – (Concreto)

$$A1 = (0,02 \times 0,19) = 0,0038 \text{ m}^2$$

$$R1 = \frac{0,115}{1,75} = 0,065 \text{ (m}^2 \cdot \text{k)/W}$$

- Seção 2 – (concreto + camada de ar + concreto)

$$A2 = (0,16 \times 0,19) = 0,0304 \text{ m}^2$$

$$R2 = \frac{0,02}{1,75} + 0,17 + \frac{0,2}{1,75} = 0,295 \text{ (m}^2 \cdot \text{k)/W}$$

$$R \text{ bloco} = \frac{(3 \times 0,0038) + (2 \times 0,0304)}{\frac{(3 \times 0,0038)}{0,065} + \frac{(2 \times 0,0304)}{0,295}} = 0,189 \text{ (m}^2 \cdot \text{k)/W}$$

RESISTÊNCIA TÉRMICA DA PAREDE:

- Seção A – (Reboco + arg. Assentamento + gesso)

$$Aa = (0,02 \times 0,39) + (0,02 \times 0,19) = 0,0116 \text{ m}^2$$

$$Ra = \frac{0,03}{1,15} + \frac{0,115}{1,15} + \frac{0,02}{0,70} = 0,154 \text{ (m}^2 \cdot \text{k)/W}$$

- Seção B- (Reboco + bloco de concreto + gesso)

$$Ab = (0,19 \times 0,39) = 0,07 \text{ m}^2$$

$$Rb = \frac{0,03}{1,15} + 0,189 + \frac{0,02}{0,70} = 0,243 \text{ (m}^2 \cdot \text{k)/W}$$

$$R_{parede} = \frac{(0,0116) + (0,07)}{\frac{(0,0116)}{0,154} + \frac{(0,07)}{0,243}} = 0,224 (m^2 \cdot k)/W$$

RESISTÊNCIA TÉRMICA TOTAL:

$$RT = 0,13 + 0,224 + 0,04 = 0,394 (m^2 \cdot K) /W$$

TRANSMITÂNCIA TÉRMICA:

$$U = \frac{1}{0,394} = 2,53 W/(m^2 \cdot k)$$

CAPACIDADE TÉRMICA DA PAREDE:

- Seção A - (Reboco + arg. assentamento + gesso)

$$Aa = 0,0116 m^2$$

$$Cta = (0,03 \times 1,00 \times 2100) + (0,115 \times 1,00 \times 2100) + (0,02 \times 0,84 \times 1200) = 324,66 \text{ KJ}/(m^2 \cdot K)$$

- Seção B - (Reboco + bloco + gesso)

$$Ab = 0,07 m^2$$

$$Ctb = (0,03 \times 1,00 \times 2100) + (0,115 \times 1,00 \times 2400) + (0,02 \times 0,84 \times 0,70) = 339,01 \text{ KJ}/(m^2 \cdot K)$$

- Seção C - (Reboco + Parede Bloco + ar + Parede Bloco + Gesso)

$$Ac = (0,02 \times 0,39) \times 2 = 0,0156 m^2$$

$$Ctc = (0,03 \times 1,0 \times 2100) + (0,02 \times 1,0 \times 2400) + (0,02 \times 1,0 \times 2400) + (0,02 \times 0,84 \times 1200) =$$

$$Ctc = 179,16 \text{ KJ}/(m^2 \cdot K)$$

$$C_{Total} = \frac{(0,0116) + (3 \times 0,07) + (2 \times 0,156)}{\frac{(0,0116)}{324,66} + \frac{(3 \times 0,07)}{339,01} + \frac{(2 \times 0,156)}{179,16}} = 222,64 \text{ KJ} / (m^2 \cdot k)$$

MEMORIAL DE CÁLCULO DA TRANSMITÂNCIA TÉRMICA DA COBERTURA:

Telha: Cerâmica Americana tipo Plan. 27,8 cm x 43,9 cm x 40 cm

Forro: PVC 10 mm

$$S = (850 \times 74) \times 2 = 125.800 \text{ cm}^2$$

$$A = (4,9 \times 8,5) = 41,65 m^2$$

$$\frac{S}{A} = 3020,40 \text{ cm}^2/m^2$$

S/A >> 30, logo a câmara de ar é muito ventilada.

RESISTÊNCIA TÉRMICA:

- Densidade de massa aparente (ρ) = 2.400 Kg/m³
- Condutividade térmica (λ) = 1,75 W/(m.k)
- Calor específico (c) = 1,00 KJ/(Kg.k)

- Resistência térmica superficial interna = R_{si} = 0,13 (m².K)/W
- Resistência térmica superficial externa = R_{se} = 0,04 (m².K)/W
- Resistência térmica de câmaras de ar não ventiladas = R_{ar} = 0,17 (m².K)/W
- R_{ar} , cobertura: 0,21 (m².K)/W

MEMORIAL DE CÁLCULO DA TRANSMITÂNCIA TÉRMICA E CAPACITÂNCIA TÉRMICA DA PAREDE:

- Parede com Bloco de concreto, dimensões: 11,5 cm x 19 cm x 39 cm;
- Revestimento Externo: Reboco com dimensão de 1,5 cm;
- Revestimento Interno: Reboco com dimensão de 2,0 cm;
- Pintura externa: cor – Marrom α = 0,7. Classificação – cor escura; - O valor de α é definido de acordo com a Tabela B.2 – NBR 15220-2, (ABNT, 2005).

Memorial desenvolvido de acordo com a NBR 15575, (ABNT, 2013) e NBR 15220-2, (ABNT, 2005).

RESISTÊNCIA DO BLOCO:

- Seção 1 – (Concreto)

$$A1 = (0,02 \times 0,19) = 0,0038 \text{ m}^2$$

$$R1 = \frac{0,115}{1,75} = 0,065 \text{ (m}^2 \cdot \text{k)/W}$$

- Seção 2 – (concreto + camada de ar + concreto)

$$A2 = (0,16 \times 0,19) = 0,0304 \text{ m}^2$$

$$R2 = \frac{0,02}{1,75} + 0,17 + \frac{0,2}{1,75} = 0,295 \text{ (m}^2 \cdot \text{k)/W}$$

$$R_{\text{bloco}} = \frac{(3 \times 0,0038) + (2 \times 0,0304)}{\frac{(3 \times 0,0038)}{0,065} + \frac{(2 \times 0,0304)}{0,295}} = 0,189 \text{ (m}^2 \cdot \text{k)/W}$$

RESISTÊNCIA TÉRMICA DA PAREDE:

- Seção A – (Reboco + arg. Assentamento + Reboco)

$$A_a = (0,02 \times 0,39) + (0,02 \times 0,19) = 0,0116 \text{ m}^2$$

$$R_a = \frac{0,03}{1,15} + \frac{0,115}{1,15} + \frac{0,02}{1,15} = 0,143 \text{ (m}^2 \cdot \text{k)/W}$$

- Seção B- (Reboco + bloco de concreto + gesso)

$$A_b = (0,19 \times 0,39) = 0,07 \text{ m}^2$$

$$R_b = \frac{0,03}{1,15} + 0,143 + \frac{0,02}{1,15} = 0,186 \text{ (m}^2 \cdot \text{k)/W}$$

$$R_{\text{parede}} = \frac{(0,0116) + (0,07)}{\frac{(0,0116)}{0,143} + \frac{(0,07)}{0,186}} = 0,178 \text{ (m}^2 \cdot \text{k)/W}$$

RESISTÊNCIA TÉRMICA TOTAL:

$$R_T = 0,13 + 0,178 + 0,04 = 0,348 \text{ (m}^2 \cdot \text{K) /W}$$

TRANSMITÂNCIA TÉRMICA:

$$U = \frac{1}{0,348} = 2,87 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{k)}$$

CAPACIDADE TÉRMICA DA PAREDE:

- Seção A - (Reboco + arg. Assentamento + Reboco)

$$A_a = 0,0116 \text{ m}^2$$

$$C_{ta} = (0,03 \times 1,00 \times 2100) + (0,115 \times 1,00 \times 2100) + (0,02 \times 1,0 \times 2100) = 346,5 \text{ KJ/(m}^2 \cdot \text{K)}$$

- Seção B - (Reboco + Bloco + Reboco)

$$A_b = 0,07 \text{ m}^2$$

$$C_{tb} = (0,03 \times 1,00 \times 2100) + (0,115 \times 1,00 \times 2400) + (0,02 \times 1,0 \times 2100) = 381,0 \text{ KJ/(m}^2 \cdot \text{K)}$$

- Seção C - (Reboco + Parede Bloco + ar + Parede Bloco + Reboco)

$$A_c = (0,02 \times 0,39) \times 2 = 0,0156 \text{ m}^2$$

$$C_{tc} = (0,03 \times 1,0 \times 2100) + (0,02 \times 1,0 \times 2400) + (0,02 \times 1,0 \times 2400) + (0,02 \times 1,0 \times 2100) =$$

$$C_{tc} = 201,0 \text{ KJ/(m}^2 \cdot \text{K)}$$

$$C_{\text{Total}} = \frac{(0,0116) + (3 \times 0,07) + (2 \times 0,156)}{\frac{(0,0116)}{346,5} + \frac{(3 \times 0,07)}{381,0} + \frac{(2 \times 0,156)}{201,0}} = 249,70 \text{ KJ / (m}^2 \cdot \text{k)}$$

MEMORIAL DE CÁLCULO DA TRANSMITÂNCIA TÉRMICA DA COBERTURA:

Telha: Cerâmica Americana tipo Plan. 27,8 cm x 43,9 cm x 40 cm

Laje pré-moldada = 10cm

$$S = (850 \times 74) \times 2 = 125.800 \text{ cm}^2$$

$$A = (4,9 \times 8,5) = 41,65 \text{ m}^2$$

$$\frac{S}{A} = 3020,40 \text{ cm}^2/\text{m}^2$$

$S/A \gg 30$, logo a câmara de ar é muito ventilada.

RESISTÊNCIA TÉRMICA:

$$Rt = \frac{0,02}{1,05} + 0,21 + \frac{0,1}{1,75} = 0,286 \text{ (m}^2 \cdot \text{k)/W}$$

$$R_{\text{total}} = 2 \times 0,17 + 0,286 = 0,626 \text{ (m}^2 \cdot \text{K) /W}$$

TRANSMITÂNCIA TÉRMICA:

$$U = \frac{1}{0,626} = 1,597 \text{ W / (m}^2 \cdot \text{k)}$$

ÁREA MINIMA DE VENTILAÇÃO:

$$\text{- Quarto 1: } 9,72 \text{ m}^2 \quad J1 = 1,5 \text{ m}^2$$

$$\text{- Quarto 2: } 8,87 \text{ m}^2 \quad J1 = 1,5 \text{ m}^2$$

$$\text{- Quarto 3: } 8,73 \text{ m}^2 \quad J1 = 1,5 \text{ m}^2$$

$$\text{- Copa / Sala: } 16,67 \text{ m}^2 \quad J1 = 1,5 \text{ m}^2$$

$$\text{Quarto 1} = 100 \times \frac{0,75}{9,22} = 8,13 \%$$

$$\text{Quarto 2} = 100 \times \frac{0,75}{8,87} = 8,45 \%$$

$$\text{Quarto 3} = 100 \times \frac{0,75}{8,73} = 8,59 \%$$

$$\text{Sala/Coz} = 100 \times \frac{0,75 + 1,68}{16,67} = 14,75 \%$$

Projeto 03

Característica térmica dos materiais NBR 15220-2, (ABNT, 2005).

1) Argamassa:

$$\text{- Densidade de massa aparente (r) = } 2.100 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{- Condutividade térmica (I) = } 1,15 \text{ W/(m.k)}$$

$$\text{- Calor específico (c) = } 1,00 \text{ KJ/(Kg.k)}$$

2) Argamassa Gesso:

- Densidade de massa aparente (r) = 1.200 Kg/m³
- Condutividade térmica (I) = 0,70 W/(m.k)
- Calor específico (c) = 0,84 KJ/(Kg.k)

3) Telhas de concreto:

- Densidade de massa aparente (r) = 2.400 Kg/m³
- Condutividade térmica (I) = 1,75 W/(m.k)
- Calor específico (c) = 1,00 KJ/(Kg.k)

4) Gesso Placa – (Forro)

- Densidade de massa aparente (r) = 1.000 Kg/m³
- Condutividade térmica (I) = 0,35 W/(m.k)
- Calor específico (c) = 0,84 KJ/(Kg.k)

5) Bloco de concreto:

- Densidade de massa aparente (r) = 2.400 Kg/m³
- Condutividade térmica (I) = 1,75 W/(m.k)
- Calor específico (c) = 1,00 KJ/(Kg.k)

- Resistência térmica superficial interna = R_{si} = 0,13 (m².K)/W

- Resistência térmica superficial externa = R_{se} = 0,04 (m².K)/W

- Resistência térmica de câmaras de ar não ventiladas = R_{ar} = 0,17 (m².K)/W

- R_{ar} , cobertura: 0,21 (m².K)/W

- Pintura externa: cor – Branco Gelo α = 0,3. Classificação – cor clara; - O valor de α é definido de acordo com a Tabela B.2 – NBR 15220-2, (ABNT, 2005).

MEMORIAL DE CÁLCULO DA TRANSMITÂNCIA TÉRMICA E CAPACITÂNCIA TÉRMICA DA PAREDE:

- Parede de com bloco de concreto 14 x 19 x 39 cm;
- Revestimento externo: Argamassa 3 mm;
- Revestimento interno: Gesso 1,5 cm.

Memorial desenvolvido de acordo com a NBR 15575, (ABNT, 2013) e NBR 15220-2, (ABNT, 2005).

Fórmulas detalhadas na NBR 15220-2, (ABNT, 2005).

RESISTÊNCIA DO BLOCO:

- Seção 1 – (Concreto)

$$A1 = (0,025 \times 0,19) = 0,00475 \text{ m}^2$$

$$R1 = \frac{0,14}{1,75} = 0,08 \text{ (m}^2 \cdot \text{k)/W}$$

- Seção 2 – (concreto + camada de ar + concreto)

$$A2 = (0,1575 \times 0,19) = 0,0299 \text{ m}^2$$

$$R2 = \frac{0,025}{1,75} + 0,17 + \frac{0,25}{1,75} = 0,327 \text{ (m}^2 \cdot \text{k)/W}$$

$$R \text{ bloco} = \frac{(3 \times 0,00475) + (2 \times 0,0299)}{\frac{(3 \times 0,00475)}{0,08} + \frac{(2 \times 0,0299)}{0,327}} = 0,205 \text{ (m}^2 \cdot \text{k)/W}$$

RESISTÊNCIA TÉRMICA DA PAREDE

- Seção A - (Reboco + arg. Assentamento + gesso)

$$Aa = (0,025 \times 0,39) + (0,025 \times 0,19) = 0,0145 \text{ m}^2$$

$$Ra = \frac{0,03}{1,15} + \frac{0,14}{1,75} + \frac{0,015}{0,70} = 0,127 \text{ (m}^2 \cdot \text{k)/W}$$

- Seção B - (Reboco + bloco de concreto + gesso)

$$Ab = (0,19 \times 0,39) = 0,07 \text{ m}^2$$

$$Rb = \frac{0,03}{1,15} + 0,205 + \frac{0,015}{0,70} = 0,25 \text{ (m}^2 \cdot \text{k)/W}$$

$$R \text{ parede} = \frac{(0,0145) + (0,07)}{\frac{(0,0145)}{0,127} + \frac{(0,07)}{0,25}} = 0,21 \text{ (m}^2 \cdot \text{k)/W}$$

RESISTÊNCIA TÉRMICA TOTAL:

$$RT = 0,13 + 0,21 + 0,04 = 0,38 \text{ (m}^2 \cdot \text{K) /W}$$

TRANSMITÂNCIA TÉRMICA:

$$U = \frac{1}{0,38} = 2,63 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{k)}$$

Atende à Norma de Desempenho.

CAPACIDADE TÉRMICA DA PAREDE:

- Seção A - (Reboco + arg. Assentamento + gesso)

$$Aa = 0,0145 \text{ m}^2$$

$$Cta = (0,03 \times 1,00 \times 2100) + (0,115 \times 1,00 \times 2100) + (0,02 \times 1,00 \times 1200) = 328,5 \text{ KJ/(m}^2 \cdot \text{K)}$$

- Seção B – (Reboco + Bloco + gesso)

$$A_b = 0,07 \text{ m}^2$$

$$C_{tb} = (0,03 \times 1,00 \times 2100) + (0,115 \times 1,00 \times 2400) + (0,02 \times 0,84 \times 0,70) = 339,01 \text{ KJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

- Seção C – (Reboco + Parede Bloco + ar + Parede Bloco + Gesso)

$$A_c = (0,02 \times 0,39) \times 2 = 0,0156 \text{ m}^2$$

$$C_{tc} = (0,03 \times 1,0 \times 2100) + (0,02 \times 1,0 \times 2400) + (0,02 \times 1,0 \times 2400) + (0,02 \times 0,84 \times 1200) =$$

$$C_{tc} = 179,16 \text{ KJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

$$C_{Total} = \frac{(0,0116) + (3 \times 0,07) + (2 \times 0,156)}{\frac{(0,0116)}{328,5} + \frac{(3 \times 0,07)}{339,01} + \frac{(2 \times 0,156)}{179,16}} = 222,68 \text{ KJ} / (\text{m}^2 \cdot \text{k})$$

TRANSMITÂNCIA TÉRMICA DA COBERTURA:

-Telha de concreto 2 cm;

-Forro de Gesso acartonado: 1,25 cm.

-Segundo a (ABNT NBR 15.220-2, 2005) a absorptância é definida pela cor da superfície externa, a telha utilizada possui cor cinza pérola, classificada como

-cor média. $\alpha = 0,5$.

-Câmara de ar muito ventilada.

$$S = (715 \times 62) \times 2 = 88.660 \text{ cm}^2$$

$$A = (7,15 \times 6,8) = 48,62 \text{ m}^2$$

$$\frac{S}{A} = 1823,52 \text{ cm}^2/\text{m}^2$$

$S/A \gg 30$, logo a câmara de ar é muito ventilada.

RESISTÊNCIA TÉRMICA:

- Câmara de ar muito ventilada

$$R_t = \frac{0,02}{1,05} + 0,21 + \frac{0,0125}{0,35} = 0,264 \text{ (m}^2 \cdot \text{k)}/\text{W}$$

$$R_{total} = 2 \times 0,17 + 0,264 = 0,604 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)}/\text{W}$$

TRANSMITÂNCIA TÉRMICA:

$$U = \frac{1}{0,604} = 1,65 \text{ W} / (\text{m}^2 \cdot \text{k})$$

TRANSMITÂNCIA TÉRMICA

Fator de transmitância Térmica, são requisitos para zonas bioclimáticas 7 e 8.

$$U = 1,67 \times FT \text{ (m}^2 \cdot \text{K) /W FT} = 0,589, \text{ Logo}$$

$$U = 0,98 \text{ (m}^2 \cdot \text{K) /W}$$

Atende à Norma de Desempenho

ÁREA MÍNIMA DE VENTILAÇÃO:

Dados obtidos no Projeto Arquitetônico

- Quarto 1: 10,72 m²
- Quarto 2: 8,83 m²
- Quarto suíte : 14,27 m²
- Sala: 30,0 m²
- J3 = Janela 3 = 1,92 m²
- J4 = Janela 4 = 2,4 m²
- P6 = Porta 6 = 3,52 m²
- P4 = Porta 4 = 1,47 m²

$$\text{Quarto 1} = 100 \times \frac{0,96}{10,72} = 8,95 \%$$

$$\text{Quarto 2} = 100 \times \frac{0,96}{8,83} = 10,87 \%$$

$$\text{Quarto Suíte} = 100 \times \frac{1,20}{14,27} = 8,41 \%$$

$$\text{Sala} = 100 \times \frac{2,72}{30,0} = 9,06 \%$$