



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
TOCANTINS
CAMPUS PALMAS
CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA CIVIL**

NATÁLIA FERNANDES MENEZES

**O COMPORTAMENTO TÉRMICO DE PAINÉIS DE CONCRETO EM VEDAÇÕES
DE HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL, NO CONTEXTO CLIMÁTICO DE
PALMAS - TO**

PALMAS

2019

NATÁLIA FERNANDES MENEZES

**O COMPORTAMENTO TÉRMICO DE PAINÉIS DE CONCRETO EM VEDAÇÕES DE
HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL, NO CONTEXTO CLIMÁTICO DE PALMAS - TO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado
como requisito parcial para obtenção do título
de Bacharel no Curso Superior de Engenharia
Civil do Instituto Federal do Tocantins,
Campus Palmas.

Orientadora: Profa. Dra. Elen Oliveira Vianna

PALMAS

2019

NATÁLIA FERNANDES MENEZES

**O COMPORTAMENTO TÉRMICO DE PAINÉIS DE CONCRETO EM VEDAÇÕES DE
HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL, NO CONTEXTO CLIMÁTICO DE PALMAS - TO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Coordenação do curso de Engenharia Civil
Instituto Federal do Tocantins - Campus Palmas,
como exigência à obtenção do grau em
Engenheiro(a) Civil.

Aprovado em: ____/____/____

BANCA AVALIADORA

Profa. Dra. Elen Oliveira Vianna
Orientadora

Profa. Dra. Liliane Flávia Guimarães da Silva
Membro Interno

Prof. Me. Thyago Phellip França
Membro Externo

MENEZES, Natália Fernandes. **O comportamento térmico de painéis de concreto em vedações de habitações de interesse social, no contexto climático do Tocantins**. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, Palmas, 2019.

RESUMO

Este trabalho apresenta a avaliação do comportamento térmico de painéis de concreto moldados *in loco*, utilizados como vedações de habitações de interesse social. Essa avaliação foi realizada a partir de medições de temperaturas externas e internas, do ar e de superfície, obtidas simultaneamente em duas edificações. O diferencial entre tais edificações é a orientação solar, sendo uma com ambientes de longa permanência (quartos) voltados para o Sul e a outra para o Oeste. Essas habitações estão situadas no conjunto habitacional Jardim Vitória, no setor Janaína região Sul da cidade de Palmas - TO, na Zona Bioclimática 7 brasileira. As medições foram efetuadas no período de 3 dias consecutivos do mês de agosto, ou seja, o período quente e seco caracterizado por ser o mês com as segundas maiores temperaturas e menores médias anuais de umidade relativa do ar no Município em estudo. Entretanto, apenas os dados do terceiro dia foram utilizados para análise, por recomendações de estabilização dos aparelhos utilizados para medir a temperatura do ar. Após análise dos dados obtidos, conclui-se que o desempenho térmico é insatisfatório, com diferença entre as temperaturas internas e externas. A temperatura do ar registrada na parte interna da casa com quartos a Oeste, às 15:00 horas foi de 36,9° C, enquanto o termômetro externo marcava 39,9° C. A mesma casa apresentou a maior temperatura de superfície de 47° C às 15:00 horas na parede externa 3, que possui orientação solar oeste. Durante todo o monitoramento foi possível notar que a casa com ambientes de longa permanência ao Sul apresenta temperaturas inferiores que a Oeste, entretanto o material analisado foi julgado inadequado. Contudo, alternativas de isolamento térmico podem ser seguidas para minimizar as consequências.

Palavras chaves: comportamento térmico, habitação de interesse social, painéis de concreto moldado *in loco*.

MENEZES, Natália Fernandes. **The thermal behavior of concrete panels for fencing of social housing in the climate context of Tocantins**. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, Palmas, 2019.

ABSTRACT

This work presents the evaluation of the thermal behavior of concrete panels cast in loco, used as fences of social housing. This evaluation was done from measurements internal and external temperatures of the air and surface simultaneously obtained in two social housing. The differential between these buildings is the solar orientation, one with long-term environments (rooms) facing south and the other facing west. These dwellings are located at the Jardim Vitória housing complex, Janaína sector's southern of region Palmas-TO, the Brazilian Bioclimatic Zone 7. The measurements were made in the period of 3 consecutive days in August month, that is, the hot and dry period characterized by being the month with the second highest temperatures and lowest annual average relative humidity in the Municipality under study. However, only dices from the third day were used for analysis, following recommendations for stabilization of the devices used to measure air temperature. After analysis the obtained dices, it was concluded the thermal performance is unsatisfactory, with difference between the internal and external temperatures. The air temperature recorded inside the house with rooms to the west at 15:00 hours was 36,9° C, while the external thermometer read 39.9° C. The same house had the highest surface temperature of 47° C at 3:00 pm on outer wall 3, which has solar west orientation. Throughout the monitoring it was possible to notice that the house with long stay environments in the South presents lower temperatures than in the West, nevertheless the material analyzed was deemed inadequate. However, thermal insulation alternatives can be followed to minimize the consequences.

Keywords: thermal behavior, social housing, concrete panels cast in loco.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –Tocantins e sua Capital Palmas	14
Figura 2 - Entre a Serra e o Lago, Palmas - TO.....	15
Figura 3 – Implantação das habitações no terreno, situado no setor Janaína , Palmas-TO	18
Figura 4 – Habitações escolhidas a serem estudadas.....	18
Figura 5 – Execução da fundação tipo radier	18
Figura 6 – Execução das paredes de concreto moldado <i>in loco</i> , Jardim Vitória	18
Figura 7 – Dados climáticos de médias mensais segundo normal climatológica provisória 1981–2010 do Município de Palmas.....	22
Figura 8 – Zoneamento bioclimático brasileiro	23
Figura 9 – Termo-higrômetro registrador de dados e transmissor de temperatura.....	24
Figura 10 – Câmera termográfica FLIR	25
Figura 11 – Planta Baixa Padrão do Conjunto Habitacional Jardim Vitória	26
Figura 12 – Habitação Finalizada no Conjunto Habitacional Jardim Vitória.....	26
Figura 13 –Ambientes de Longa Permanência ao Sul.....	27
Figura 14 – Ambientes de Longa Permanência ao Oeste	28

LISTA DE TABELAS E GRÁFICOS

Tabela 1 – Resistência térmica Superficial Interna e Externa	31
Tabela 2 – Transmitância Térmica, Capacidade Térmica e Atraso Térmico.....	31
Tabela 3 – Transmitância Térmica	31
Tabela 4 – Capacidade Térmica.....	32
Tabela 5 – Propriedades térmicas de materiais de uso recorrente no Brasil.....	33
Tabela 6 –Aberturas para Ventilação.....	34
Tabela 7 – Imagens Fototérmicas Paredes Leste - Sul (Casa 1)	36
Tabela 8 – Imagens Fototérmicas Paredes Sul-Oeste (Casa 1).....	37
Tabela 9 – Imagens Fototérmicas Paredes Norte-Oeste (Casa 2).....	38
Tabela 10 – Imagens Fototérmicas Paredes Oeste-Sul (Casa 2).....	39
Gráfico 1 – Comparativo Entre os Termômetros	31
Gráfico 2 – Comparativo Entre Paredes Internas 2 (P2) das casas 1(P2-1) e 2(P2-2).....	40
Gráfico 3 – Comparativo Entre Paredes Internas 3 (P2) das casas 1(P2-1) e 2(P2-2).....	41

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 – Transmitância Térmica	30
Equação 2 – Resistência Térmica	30
Equação 3 – Resistência Térmica Total	30
Equação 4 – Capacidade Térmica.....	32
Equação 5 – Capacidade Térmica.....	32
Equação 6 – Abertura para Ventilação	33
Equação 7 – Abertura para Ventilação	33
Equação 8 – Abertura para Ventilação	34

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	10
1.1	PROBLEMA DE PESQUISA	11
1.2	JUSTIFICATIVA.....	12
1.3	OBJETIVOS.....	15
1.3.1	Objetivo Geral	15
1.3.2	Objetivos Específicos	15
2	REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1	Políticas Públicas e a Intervenção do Governo nas Habitações de Interesse Social.....	16
2.2	Materiais, Tecnologias e Habitação Social	17
2.3	Tocantins, Palmas e seus aspectos climáticos.....	19
3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	24
4	ANÁLISES E RESULTADOS	27
5	CONCLUSÕES	39
	REFERÊNCIAS	40
	APÊNDICE A	
	APÊNDICE B	

1 INTRODUÇÃO

Nos países desenvolvidos, desde meados de 1960, o termo desempenho está associado ao comportamento dos empreendimentos com relação à sua utilização. Segundo Borges (2010), a edificação é um produto que deve ter determinadas características que o capacitem a cumprir funções para as quais foi projetado, quando submetido a determinadas condições de uso e exposição.

Desde o início dos anos 2000, uma grande expansão no setor da construção civil foi vivenciada no Brasil, decorrente dentre outros fatores, do crescimento econômico, da estabilidade do país, da melhoria crescente dos índices macroeconômicos brasileiros e da grande capitalização do setor por meio da abertura de capital de diversas incorporadoras e construtoras (BORGES, 2010).

No Brasil, atualmente, existem normas de desempenho térmico e energético, como a ABNT NBR 15220 (2005), que estabelece o zoneamento bioclimático brasileiro e propõe diretrizes construtivas de habitações para a população de baixa renda, e a ABNT NBR 15575 (2013) um conjunto de normas que estabelece requisitos que devem ser obedecidos pelos sistemas de vedações verticais externa e interna, coberturas dentre outras (CARVALHO, 2012).

Um dos tópicos que gerou grande expectativa e interesse pela norma brasileira ABNT NBR 15575 (2013) foi a de desempenho térmico. Atualmente, a busca por soluções arquitetônicas energeticamente eficientes e climaticamente adequadas tem sido um tema predominante no Brasil e no mundo. Países como os Estados Unidos e a França já instituíram seus regulamentos de desempenho térmico e energético desde meados dos anos 1980 (SORGATO, MELO e LAMBERTS, 2013).

Segundo Cunha e Thomaz (2016), a ABNT NBR 15575 (2013) veio, indiretamente, balizar a própria atuação do governo, parametrizando o desempenho e a durabilidade mínima das habitações, independentemente do custo da obra e da classe social a qual se destina.

Em relação às Habitações de Interesse Social (HIS), especificamente, o período que se estende de 1988 até 2003 é marcado pelo vazio deixado pela extinção do Banco Nacional de Habitação – BNH e pela ausência de uma estrutura de âmbito federal organizada para a condução das políticas urbana e habitacional (CARVALHO, ITAMAR E STEPHAN, 2016).

Entretanto, em 2003, já no governo do ex-presidente Lula, houve a criação do Ministério das Cidades, que passou a ser o órgão responsável pela Política de Desenvolvimento Urbano e pela Política de Habitação, ampliando-se os investimentos nos setores da habitação e adequando-se os programas existentes às características do déficit habitacional e de

infraestrutura urbana Para continuar expandindo o mercado habitacional, o governo lançou o Programa Minha Casa Minha Vida – PMCMV Instituído pela Lei n. 11.977, de 7 de julho de 2009. O PMCMV constitui, atualmente, o principal programa habitacional do governo federal, cujo objetivo consiste na construção maciça de moradias visando à melhoria do sistema habitacional para a população de baixa e média renda (CARVALHO, ITAMAR E STEPHAN, 2016).

O agente financeiro e/ou promotor do programa “Minha casa Minha vida”, trabalha com recursos públicos, portanto, tem a obrigação de implantar procedimentos que assegurem a melhor inversão dos recursos, o que ocasiona a necessidade de fiscalizar e exigir o cumprimento dos requisitos e critérios de desempenho desde as fases de projeto e execução das obras, até sua conclusão e entrega aos usuários.

Em função da agilidade de execução e otimização de mão de obra, painéis de concreto moldados *in loco* tem sido uma escolha de sistema construtivo crescente por projetistas em programas de habitação de interesse social (CARVALHO, 2012). Entretanto, é necessário entender o comportamento do sistema construtivo em questão, no referente ao contexto climático de sua instalação.

A utilização dos conceitos bioclimáticos na elaboração do projeto, associado à escolha correta e fundamentada dos materiais construtivos, possibilitará que a edificação consuma menos energia para obter as condições de conforto necessárias para o desenvolvimento das atividades a que se destina. Portanto, para atender às exigências de conforto, não está intrinsecamente ligado a utilização excessiva de equipamentos mecânicos de refrigeração e iluminação, nem sempre acessíveis financeiramente à maioria da população (SCHINLLER, 1997).

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

Para Mattos (2015), os profissionais da construção demonstram uma crescente preocupação com o avanço da qualidade das edificações, entretanto a maioria dos projetos ainda não são elaborados de maneira a favorecer o desempenho térmico na fase de ocupação e utilização. Contudo, pela falta de acesso à informação e ausência de procedimentos metodológicos práticos para avaliações do desempenho de edificações, a população recebe ou acaba adquirindo uma edificação sem as condições mínimas de desempenho térmico.

Esse fato se agrava em regiões de clima quente do Brasil, como na cidade de Palmas/TO que, no mês de agosto, apresenta temperatura e umidade com maiores e menores médias anuais

respectivamente (INMET, 2018).

Desta forma é imprescindível analisar o comportamento dos materiais e das tecnologias da construção civil criadas para atender demandas habitacionais frente a realidade climática em que se instalam, uma vez que as condições mínimas de desempenho térmico devem ser respeitadas.

1.2 JUSTIFICATIVA

Devido à crescente demanda habitacional e a busca pela universalização do acesso à moradia no Brasil, a indústria da construção civil buscou sistemas construtivos que priorizassem a alta produtividade, sem comprometer aspectos de qualidade e conforto nas habitações e que garantissem a viabilidade técnica e econômica (NUNES, 2011).

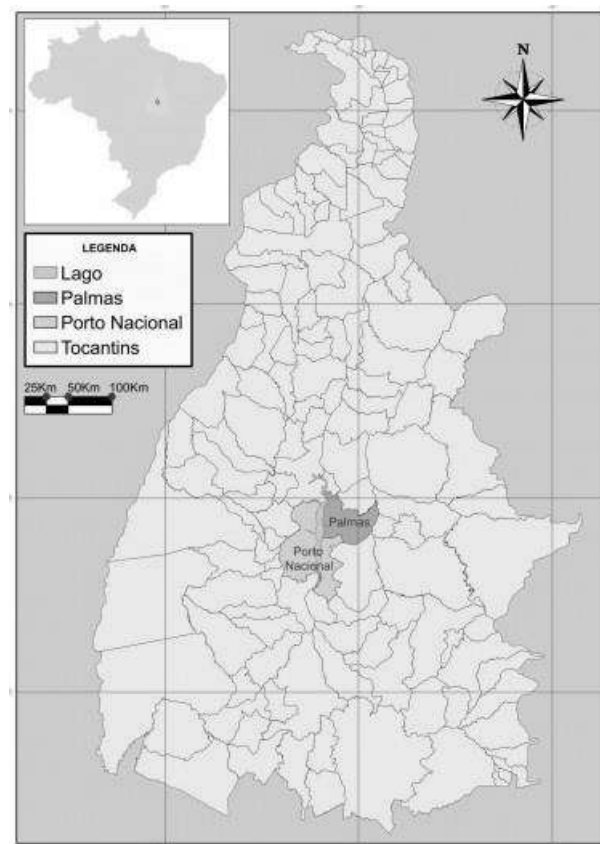
Para Carvalho (2012), o conhecimento do clima e geografia da região onde se desenvolve o projeto arquitetônico é fundamental, uma vez que estes são fatores condicionantes no desempenho térmico da edificação e no conforto térmico de seus usuários. Para Lamberts, Dutra e Pereira (2013), a partir da combinação dos fatores climáticos citados (temperatura e umidade) o desempenho térmico de edificações é prejudicado e resulta em desconforto térmico ao ser humano.

Segundo Lima, Barbosa e Silva (2014), o clima de Palmas apresenta dois períodos distintos: um período quente e úmido, entre os meses de outubro e abril, caracterizado por elevada pluviosidade, altas temperaturas, baixas amplitudes térmicas e menores velocidades do vento; e outro período quente e seco, entre os meses de maio e setembro.

As temperaturas mais altas do ano ocorrem nos meses de agosto e setembro, além da maior amplitude térmica, da precipitação quase nula e de maiores velocidades médias do vento. Em relação à média mensal da umidade relativa do ar, entre os anos de 2000 e 2013, foi registrado 81,6% em março e 41,4% em agosto, enquanto a temperatura máxima chegou a 37°C em setembro, e a menor média mensal das mínimas foi 20,4°C em julho (LIMA, BARBOSA E SILVA, 2014).

A cidade de Palmas, capital do Estado do Tocantins (Figura 1) é conhecida como a última capital projetada do século XX (SILVA, 2010). É definida por uma faixa de terra com baixas declividades, estendendo-se por uma distância média de 15 km entre a margem direita do Rio Tocantins e a encosta da Serra do Lajeado. O lago e a serra estão alinhados no sentido norte-sul.

Figura 1 – Tocantins e sua Capital Palmas

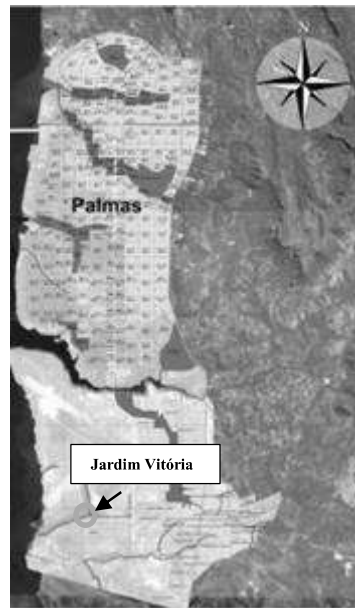


Fonte: Pinto (2014)

Com o avanço da urbanização, a cidade tomou uma nova formação e grande parte de seus moradores se instalaram distante da malha quadriculada do plano diretor. Os mecanismos de formação do preço e de acesso à terra dirigiam boa parte da demanda por moradia sobretudo para os bairros de Taquaralto e Aurenys, projetados pelo próprio governo e situados fora da área do plano básico. O processo de migração para essas áreas deveu-se, em grande parte, às políticas de governo deliberadamente de segregação da população mais pobre, antecipando uma forma de organização do espaço urbano que o mercado imobiliário, por si só, talvez só pudesse construir ao longo de muitos anos (GOMES, TEIXEIRA E BARBOSA, 2005).

O conjunto habitacional Jardim Vitória está localizado na Região de Taquaralto, Setor Janaina (Figura 2). A partir da observação da implantação geral das unidades habitacionais do objeto de estudo da presente pesquisa (Figuras 3 e 4), é possível notar que alguns aspectos de conforto térmico, principalmente em relação à insolação, não foram considerados em projeto, pois as habitações foram implantadas em diversas orientações (ambientes de permanência prolongada voltados para o Norte, Sul, Leste).

Figura 2 – Entre a Serra e o Lago, Palmas



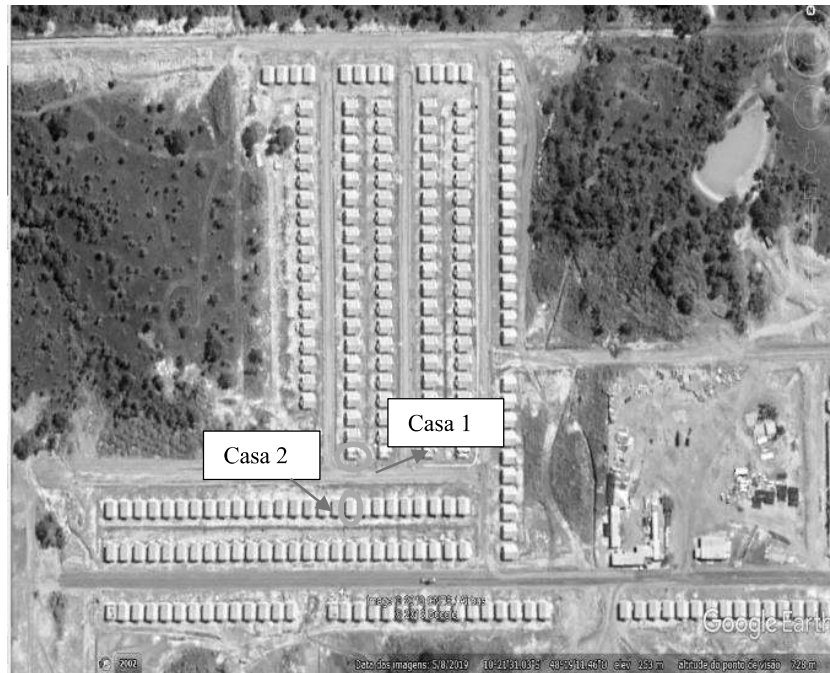
Fonte: Pinto (2014)

Figura 3 – Implantação das habitações no terreno, situado no setor Janaína, Palmas-TO



Fonte: Google Earth (adaptado), 2019

Figura 4 - Habitações Escolhidas para serem estudadas



Fonte: Google Earth (adaptado), 2019.

Diante do critério de escolha de duas habitações com ambientes de longa permanência com orientação solar distinta para a análise e obedecendo o menor raio de distância possível (50 metros), foram escolhidas duas habitações a serem estudadas, conforme Figura 4. Esta distância foi delimitada em função do alcance entre a central do equipamento e os sensores utilizados para as medições de temperaturas. A Casa 1, com ambientes de longa permanência voltados para o Sul, e Casa 2 com ambientes de longa permanência voltados para Oeste.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

Analisar o comportamento térmico de painéis de concreto moldados *in loco* e utilizados como vedações em habitação de interesse social, no contexto climático de Palmas – TO.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Monitorar a temperatura do ar (interna e externa) de habitações de interesse social, para verificar o desempenho térmico, no contexto do microclima da região Sul de Palmas – TO;
- Monitorar a temperatura de superfície externa e interna nos ambientes de

longa permanência das habitações de interesse social, para verificar a relação da incidência solar com o conforto térmico, no contexto do microclima da região Sul de Palmas – TO;

- Comparar o comportamento térmico entre diferentes orientações dos ambientes de permanência prolongada (quartos), voltados para o Sul e para o Oeste.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Após a intervenção do Governo na habitação do Brasil, inúmeras medidas foram tomadas para a melhora dos processos construtivos e de aquisição das mesmas pelos cidadãos. O cenário atual é composto pelo programa “Minha casa, Minha Vida”, que contempla as habitações de interesse social, que usufruem dos avanços da construção civil para produzirem em larga escala. Entretanto, faz-se necessário o conhecimento do clima da região em que está sendo empregada para de fato comprovar sua eficácia.

2.1 Intervenções governamentais nas habitações

Segundo Rubin e Bolfe (2014) com a proclamação da república houveram algumas políticas de expulsão das classes pobres dos centros da cidade, visando o embelezamento, afim de atrair investimentos estrangeiros. Dessa forma houve uma segregação da população para subúrbios e encostas de morros. Entretanto na década de 1920 o poder público investiu em ampliação de água e esgoto, além de construção de habitações higiênicas em substituição a casebres e cortiços.

Durante o Estado Novo com Getúlio Vargas (1937-45), o governo passou a intervir no processo de produção e no mercado imobiliário. As principais intervenções dessa época foram: O Decreto Lei do Inquilinato (1942), Criação das carteiras prediais dos Institutos de Aposentadoria e Pensões (IAPs) e da Fundação Casa Popular (FREITAS, 2010).

De acordo com WERNA et al (2001), houve uma crescente intervenção do Estado na economia durante os anos de 1930 e 1955, com uma política industrial de substituição de importação, o que gerou o aumento da urbanização e de outras formas de sub moradias. As péssimas condições de habitação e a situação crítica das famílias mais pobres no período militar levaram o governo a estruturar uma política habitacional baseada no Sistema Financeiro de Habitação (SFH), marcada pelo favorecimento das grandes empreiteiras. Além disso, a péssima

qualidade das habitações do Banco Nacional da Habitação (BNH), com um padrão urbano oneroso para o poder público com conjuntos habitacionais construídos em áreas distantes e sem infraestrutura (FERREIRA, 2010). As habitações financiadas pelo BNH eram voltadas para a produção em série e em grande escala, tentando solucionar o déficit habitacional mesmo sem atender as necessidades dos usuários (BONDUKI, 2004).

De acordo com Rubin e Bolfe (2014) O BNH, financiou 4,8 milhões de habitações, em torno de 25% das moradias construídas no país no período de 1964 até sua extinção em 1986 quando suas funções e encargos foram transferidos para a Caixa Econômica Federal. Houve a diminuição do poder das companhias habitacionais, a desaceleração de programas alternativos. A crise se agravou em 1990 com a maioria dos programas voltados para o capital imobiliário privado.

Em 1995 a partir de uma postura tomada pelos municípios, financiamentos de habitação e saneamento com base nos recursos do Fundo de Garantia por Tempo de Serviço (FGTS) que houve uma melhoria nos programas de habitação. Desse modo o Projeto Moradia, foi proposto para solucionar a questão habitacional no Brasil. Procurava evitar os problemas do passado. Seu principal produto financiado deixou de ser a casa pronta, produzida por empreiteira. Para a gestão do programa foi proposta a criação do Ministério das Cidades, onde estariam reunidas as áreas de habitação, saneamento, transportes urbanos e política de ordenação territorial. Rubin e Bolfe (2014).

Através do Projeto Moradia, e do Projeto Nacional de Habitação - PNH foi criada uma organização no setor de habitações buscando centralizar as políticas do setor. Programas como o Programa de Aceleração do Crescimento - PAC e o Minha Casa Minha Vida - MCMV vieram em momento oportuno devido ao *boom* imobiliário que invadiu o setor. (FREITAS, 2010).

2.2 Materiais, Tecnologias e Habitação Social

O objeto de estudo do presente trabalho utiliza painéis de concreto moldados *in loco*, que fazem parte dos sistemas racionalizados, dos quais parte dos elementos são pré-fabricados e a montagem ocorre no local da obra, utilizando técnicas convencionais (SACHT, 2008).

O Sistema construtivo de painéis de concreto monolítico moldado *in loco*, apresenta inovações no assentamento das esquadrias, na execução dos sistemas prediais e das vedações. As vedações que possuem também função estrutural são moldas *in loco*, com a utilização de forma dupla, e podem incorporar parte das instalações prediais e esquadrias (SACHT, 2008).

O primeiro registro de utilização deste sistema no Brasil é de 1979, na COHAB-MG, na

cidade de Santa Luzia – MG, foram empregadas na época formas de madeira e concreto celular (SACHT, 2008).

Em habitações térreas deste tipo de sistema construtivo é usualmente utilizada a fundação radier (Figura 5), podendo variar dependendo do terreno em questão. Este tipo de fundação possui a vantagem de proporcionar uma base de trabalho apropriada para as ações das equipes de montagem de formas (SACHT, 2008).

Figura 5 – Execução da Fundação tipo radier, detalhe do rebaixo do banheiro e das tubulações. Jardim Vitória, Palmas – TO



Fonte: Autora (2019).

Na execução das vedações são utilizadas formas na conformação desejada dos painéis. Atualmente, para esse sistema construtivo, estão disponíveis no mercado três tipos de formas: de madeira, metálicas e mistas. Os painéis de vedação possuem função estrutural e são executados no local utilizando concreto armado. Eles são produzidos de uma só vez e apresentam espessuras podendo variar de 8 a 12 cm. As aberturas das portas são mantidas para a circulação dos operários (Figura 6).

Figura 6 – Execução das paredes de concreto moldado in loco, Jardim Vitória, Palmas-TO



Fonte: Autora (2019)

As esquadrias e partes do sistema elétrico e hidráulico, podem ser posicionados no interior da forma em locais previstos em projeto. O sistema construtivo utilizado, possui escala industrial.

2.3 Desempenho e conforto térmico

Para ASHRAE (2013) a definição de conforto térmico é uma condição da mente, que expressa satisfação com o ambiente térmico, mas o julgamento de conforto é um processo cognitivo que envolve muitos fatores influenciados por processos físicos, fisiológicos entre outros (tradução nossa).

Para Barbosa (2017, pg 32):

“O desempenho térmico de uma edificação sofre influência de vários fatores, tais como: topografia, umidade relativa do ar, temperatura, materiais construtivos da envoltória, dimensões dos ambientes, pé direito, orientação das fachadas e tipo das esquadrias”.

Para Rocha (2019, pg 28), “a principal diferença entre desempenho e conforto térmico, deve-se ao fato de que no desempenho térmico, a abordagem dá mais ênfase relacionada ao comportamento do edifício, abrangendo a análise das propriedades dos materiais da envoltória”; enquanto o conceito de conforto térmico está relacionado à percepção ou sensação térmica do usuário, levando em consideração o estado da mente, e os mecanismos de trocas térmicas entre o ser humano com o meio ambiente (ROCHA, 2019).

Roriz (2014) afirma que o desempenho térmico trata, de forma geral, da envoltória do edifício, que deve atuar como um filtro em relação ao ambiente externo, impedindo a entrada dos elementos indesejáveis, mas permitindo que os ambientes internos se beneficiem dos elementos que contribuam para o conforto dos usuários.

Para compreender o desempenho térmico faz-se necessário o entendimento de conceitos de transmissão de calor e comportamento térmico dos fechamentos presentes no Quadro 1.

Quadro 1 -Propriedades térmicas dos materiais

PROPRIEDADES TÉRMICAS	DEFINIÇÃO
Absortância térmica	A radiação incidente no fechamento opaco terá uma parcela refletida e outra absorvida. A absortância térmica representa o percentual da parcela de radiação que determinada superfície irá absorver. Esta propriedade é determinada pela cor do material.
Condutividade térmica	A condutividade térmica representa a capacidade de determinado material conduzir maior ou menor quantidade de calor por unidade de tempo. Quanto maior o valor de maior a quantidade de calor transferida entre as superfícies.
Emissividade	A emissividade é a propriedade física dos materiais que representa a quantidade de energia térmica emitida por unidade de tempo de uma superfície em contato com camada de ar.
Resistência térmica (R)	A resistência térmica é o quociente da diferença de temperatura verificada entre as superfícies de um elemento ou componente construtivo pela densidade de fluxo de calor, em regime estacionário. Este conceito representa a propriedade do material em resistir à passagem de calor.
Transmitância térmica (U)	A transmitância térmica é determinada pelo inverso da resistência térmica total do fechamento. É através desta variável que se pode avaliar o comportamento de um fechamento opaco frente à transmissão de calor.
Fluxo térmico (q)	Quociente do fluxo de calor que atravessa uma superfície pela área dessa superfície. Quando se trata de conforto térmico, o objetivo na especificação de um tipo de fechamento é evitar as perdas de calor excessivas no inverno e os ganhos elevados no verão.
Capacidade térmica (C)	Quantidade de calor necessária para variar em uma unidade a temperatura de um sistema.
Inércia térmica	Os fechamentos absorvem calor tanto do meio externo quanto interno, dependendo de onde o ar tem a maior temperatura. Ao conduzir o calor, o material retém uma parte no seu interior em consequência de sua massa térmica. Quanto maior a massa térmica, maior o calor retido, e este será devolvido ao interior quando a temperatura do ar for menor que a superfície. A esta característica dá-se o nome de inércia térmica.

Fonte: ABNT NBR 15.220-1 (2005)

2.4 Tocantins, Palmas e seus aspectos climáticos

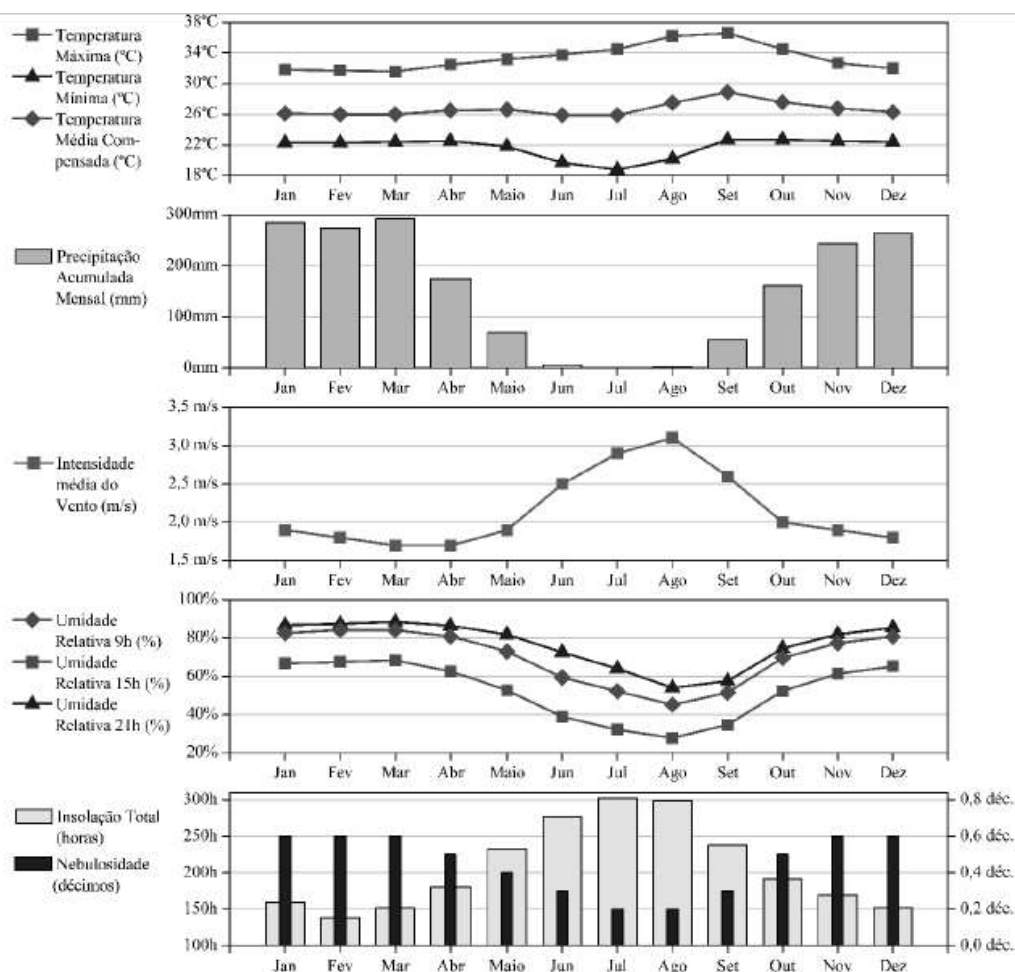
Segundo Souza (2016), o Estado do Tocantins é marcado pela sazonalidade do regime climático”. Esta sazonalidade é ilustrada entre a primavera-verão e o outono-inverno, sobretudo no aspecto da configuração hídrica na atmosfera. Os episódios de calor, de estiagem e de pluviosidade acentuada, caracterizam as singularidades do Tocantins.

Já na capital do estado, o clima possui algumas especificidades. Para Lima, Barbosa e Silva (2014) referente à arquitetura bioclimática, conceituam o clima de Palmas com dois períodos diferentes sendo um quente e úmido e o outro quente e seco. A cidade está localizada na latitude 10°12’ 46’’ e longitude 48°21’37’ e possui temperaturas elevadas durante todo o ano (NASCIMENTO, 2009).

Segundo Lamberts (2013), ao Norte, há semelhanças entre as estações de inverno e de verão, diferenciadas apenas pela presença da chuva, mais constante no inverno. Para as menores latitudes, ou seja, aquelas localizadas próximas a linha do equador, a exemplo de Palmas, a irradiância da radiação solar é maior.

A partir da análise da normal climatológica provisória (INMET) 1981–2010 conforme figura 7, a média de umidade relativa atingiu o máximo de 88,4%, em março, à noite, e o mínimo de 28,0% em agosto, à tarde, com maiores valores de janeiro a março e menores em agosto, em todos os horários.

Figura 7 - Dados climáticos de médias mensais segundo normal climatológica provisória 1981–2010 do Município de Palmas

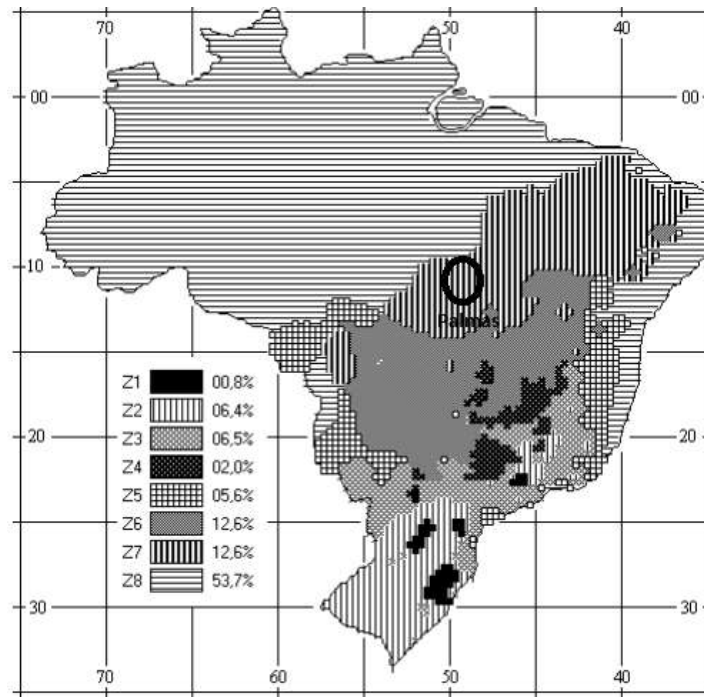


Fonte: Diniz; Ramos; Rebello (2018), organizado por Silva, 2018

Para Rocha (2019, pg.35) “No caso de Palmas o desconforto é causado predominantemente pelas altas temperaturas, pois possui características adversas”. Para tanto, na elaboração do projeto habitacional, cada componente climática do entorno da edificação deve ser levada em consideração, assim como suas particularidades, a fim de proporcionar desempenho térmico adequado.

A NBR 15220-3 (ABNT, 2005) divide o Brasil em oito zonas bioclimáticas, conforme Figura 8 e determina as principais características e orientações construtivas para cada uma das zonas. Entretanto Palmas não consta nas cidades relacionadas e para efeitos de estudo adota – se como base a cidade de Porto Nacional, sendo o município mais próximo, zona bioclimática 7.

Figura 8 - Zoneamento bioclimático brasileiro



Fonte: ABNT NBR 15.220-3 (ABNT, 2005) adaptado, 2019.

Com relação às diretrizes construtivas para o zoneamento bioclimático 7 a norma destaca que:

- A ventilação cruzada obtida através da circulação de ar nos ambientes da edificação, ou seja, se o ambiente tem janelas em apenas uma fachada, a porta deveria ser mantida aberta para permitir a ventilação cruzada (no período de clima quente seco a ventilação deve ser noturna);
- Deve-se atentar para os ventos predominantes da região e para o entorno, pois pode alterar significativamente a direção dos ventos.
- Proteger as aberturas e vedações da exposição à radiação solar direta;
- Recomenda-se o uso de paredes e cobertura pesada, ou seja, com maior massa térmica, de forma que o calor armazenado em seu interior durante o dia seja devolvido ao exterior no período da noite, quando as temperaturas externas diminuem;
- As sensações térmicas indesejáveis podem ser amenizadas através da desumidificação dos ambientes. Esta estratégia pode ser obtida através da renovação do ar interno por ar externo através da ventilação dos ambientes e o uso de ventilação seletiva (nos períodos quentes em que a temperatura interna seja superior à externa);
- Resfriamento evaporativo através do uso de vegetações, fontes de água ou outras soluções que diretamente resfriem os ambientes.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para realização da pesquisa em questão recorreu-se a levantamentos bibliográficos para aprofundamento no tema e a aplicação da proposta em um objeto de estudo, a fim de exemplificar toda a base metodológica teórica da pesquisa.

3.1 Instrumentos

Para o levantamento de dados da pesquisa foram utilizados os equipamentos da marca klimalogg pro 3030.39.0.00 (Figura 9), constituídos de um data logger (registradores de dados) e transmissores de temperatura que comunicam – se entre si por meio de um tranceptor sem fio USB que é conectado ao computador do usuário, esses dados são exportados no formato CSV, permitindo que o usuário possa visualizá-los em planilhas eletrônicas.

Os transmissores de temperatura foram localizados nos cinco pontos da medição, a 1 metro e 20 centímetros de altura. É importante ressaltar que apenas o data logger funcionou como termo-higrômetro registrador de umidade relativa e temperatura do ar. Devido a inexistência de internet estes equipamentos foram utilizados.

Figura 9 – Termo-higrômetro registrador de dados e transmissor de temperatura



Fonte: Autora (2019)

Para o levantamento de dados das temperaturas de superfície foi utilizado a câmera termográfica Flir (Figura 10), que é um equipamento capaz de capturar luz infravermelha e convertê-la para faixa visível do espectro permitindo que possamos ver o calor gerado por objetos. Os dados coletados foram referentes às paredes que formam os ambientes de longa permanência tanto interno, quanto externo.

Figura 10 – Câmera Termografica Flir



Fonte: Autora (2019)

3.2 Objeto de Estudo

O objeto de estudo são duas habitações de interesse social recém-construídas ainda não ocupadas, pois o período das medições *in loco* desta pesquisa foi realizado na etapa de finalização das demais unidades habitacionais contidas no conjunto. Com o diferencial da orientação de implantação.

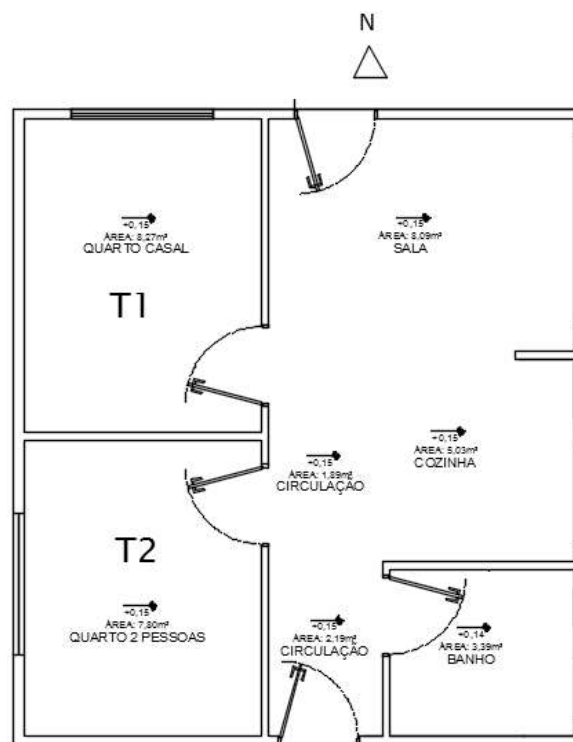
As habitações são compostas por dois quartos, sala e cozinha, conforme pode ser visto na Figura 11. As habitações estudadas possuem fundação tipo radier, paredes de painéis de concreto moldadas *in loco* com espessura de 10 cm.

Foram analisadas duas habitações: a primeira com os ambientes de longa permanência voltados para o Sul (quartos), na Casa 1; e a segunda com estes voltados para o Oeste, Casa 2.

As duas habitações possuem planta baixa idênticas assim como as demais casas do conjunto.

Nos ambientes internos os termômetros foram posicionados no centro dos ambientes de longa permanência (T1 e T2) ilustrados na figura 11 a uma altura de 1,20 m do piso, de acordo com recomendações da ISO 7726 (ISO, 1998). Para medir a temperatura externa, um termômetro foi posicionado à sombra obedecendo à regra da altura, a Figura 12 ilustra a habitação no processo final e o Apêndice A o projeto arquitetônico padrão do conjunto habitacional Jardim Vitória.

Figura 11 - Planta Baixa Padrão do Conjunto Habitacional Jardim Vitória



Fonte: Planta Baixa de uma habitação social do Jardim Vitória.

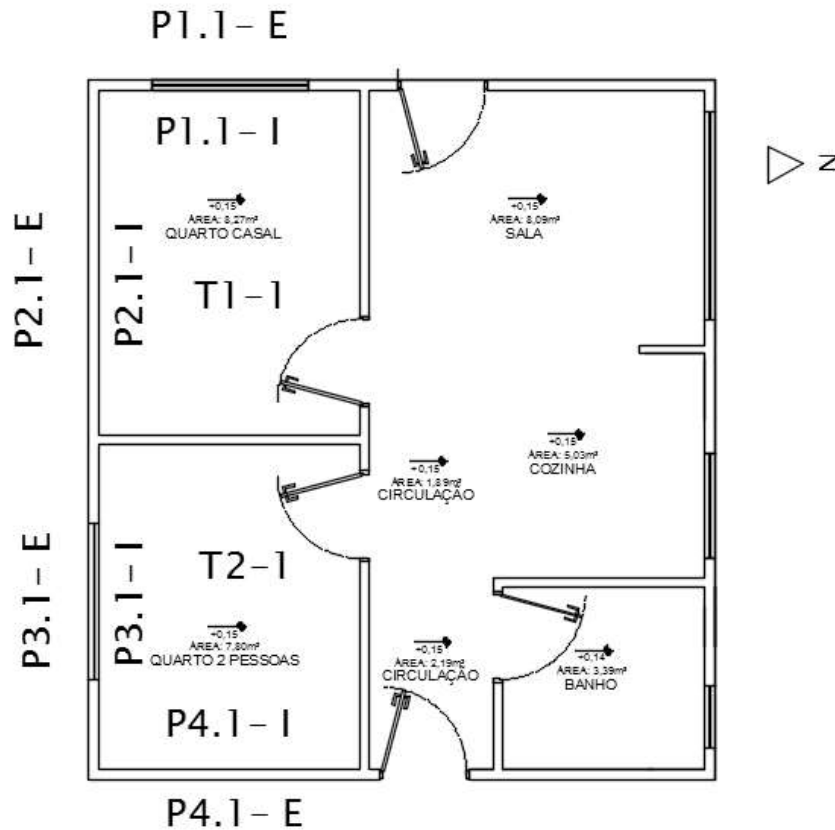
Figura 12 – Habitação Finalizada no Conjunto Habitacional Jardim Vitória



Fonte: Fonte: Autora (2019)

Para aferir as temperaturas de superfície, as paredes foram nomeadas, conforme ilustram as figuras 13 e 14.

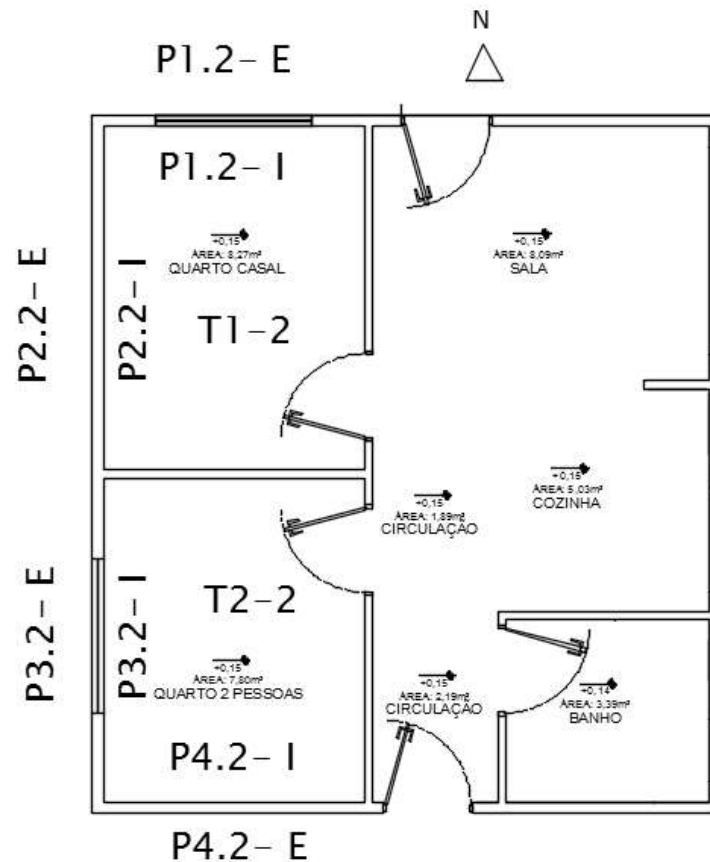
Figura 13 – Casa 1: Ambientes de longa permanência ao Sul



Fonte: Planta Baixa de uma habitação social do Jardim Vitória.

- P1.1 – I: Parede 1 interna, com janela e orientação solar para o Oeste;
- P1.1 - E: Parede 1 externa, com janela e orientação solar para o Oeste;
- P2.1 – I Parede 2 interna, sem aberturas e orientação solar para o Sul;
- P2.1 – E Parede 2 externa, sem aberturas e orientação solar para o Sul;
- P3.1 – I Parede 3 interna, com janela e orientação solar para o Sul;
- P3.1 – I Parede 3 externa, com janela e orientação solar para o Sul;
- P4.1 – I Parede 4 interna, sem aberturas e orientação solar para o Leste;
- P4.1 – E Parede 4 externa, sem aberturas e orientação solar para o Leste;

Figura 14 – Casa 2: Ambientes de longa permanência ao Oeste



Fonte: Planta Baixa de uma habitação social do Jardim Vitória.

- P1.2 – I: Parede 1 interna, com janela e orientação solar para o Norte;
- P1 2- E: Parede 1 externa, com janela e orientação solar para o Norte;
- P2.2– I Parede 2 interna, sem aberturas e orientação solar para o Oeste;
- P2.2– E Parede 2 externa, sem aberturas e orientação solar para o Oeste;
- P3.2 – I Parede 3 interna, com janela e orientação solar para o Oeste;
- P3.2 – I Parede 3 externa, com janela e orientação solar para o Oeste;
- P4.2 – I Parede 4 interna, sem aberturas e orientação solar para o Sul;
- P4.2 – E Parede 4 externa, sem aberturas e orientação solar para o Sul;

3.3 Método Simplificado

No método simplificado, faz-se a verificação do atendimento à NBR 15575-4 (ABNT, 2013) e NBR 15575-5 (ABNT, 2013), que tratam dos requisitos e critérios exigidos, respectivamente, para sistemas de vedação vertical interna e externa (SVVIE) e sistemas de coberturas. A avaliação desse procedimento foi realizada de acordo com os dados de projeto do empreendimento, considerando a zona bioclimática em que a edificação está inserida.

Para os sistemas de vedação vertical interna e externa – SVVIE foram considerados a transmitância térmica (U) de paredes externas, a capacidade térmica (CT) de paredes externas e as aberturas para ventilação. O cálculo foi realizado de acordo com a NBR 15220-2 (ABNT, 2005) que expressa a metodologia para obtenção dos valores dos dois primeiros critérios (U e CT); já no critério de aberturas para ventilação, o cálculo seguiu o procedimento descrito na NBR 15.575 (ABNT, 2013). Os resultados encontrados foram comparados com as exigências de desempenho da norma.

4 ANÁLISE DOS DADOS E RESULTADOS

Com o objetivo de analisar o comportamento térmico dos materiais de vedações, utilizados nas habitações sociais objetos de estudo deste trabalho, aplicou-se o procedimento simplificado, seguido das medições de temperaturas *in loco*.

4.1 Análise do desempenho térmico – Procedimento Simplificado

De acordo com a descrição da metodologia no método simplificado, para os sistemas de vedação vertical interno e externo é verificado o atendimento de três critérios: transmitância térmica (U) de paredes externas, capacidade térmica (CT) de paredes externas e aberturas para ventilação.

Na habitação objeto de estudo, tem-se duas especificações de vedações verticais externas diferentes, pois a fachada da parede nominada como P1 e P3 são compostas por concreto moldado *in loco*, esquadria e pintura, enquanto P2 e P4 são compostas apenas por concreto moldado *in loco* e pintura ambas as vedações possuem 10 cm de espessura.

4.1.1 Transmitância térmica

A transmitância térmica é o fluxo de calor transmitido por área e por unidade de diferença de temperatura. Definida pela Equação 1. Ela é calculada em função de alguns parâmetros, como a composição, espessura da argamassa e consequentemente a espessura final da parede.

$$U = \frac{1}{R} \text{ (w/ m}^2 \text{ °C)}$$

Equação 1

Onde

R: Resistência do material

Portanto para o cálculo da transmitância, é necessário conhecer a resistência térmica dos materiais, conforme Equação 2:

$$R = \frac{e_{\text{material}}}{\gamma_{\text{material}}} \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}$$

Equação 2

Onde:

e_{material} = Espessura do material

γ_{material} = Condutividade térmica do material

A resistência térmica total (RT) é então calculada (Equação 3) com Rsi e Rse conforme Tabela 1

Tabela 1 - Resistência Térmica Superficial Interna e Externa

R _{Si} [m ² K/W]			R _{Se} [m ² K/W]		
DIREÇÃO DO FLUXO DE CALOR			DIREÇÃO DO FLUXO DE CALOR		
					
0,13	0,10	0,17	0,04	0,04	0,04

Fonte: Lamberts, Dutra e Pereira (2013).

$$RT = R_{Si} + R_t + R_{Se}$$

Equação 3

Onde:

R_{Si} e R_{Se} são as resistências superficiais interna e externa, respectivamente, de acordo com ABNT NBR 15220-2 (ABNT, 2005).

Conforme a Tabela 2 a Transmitância térmica para parede de concreto maciço é de 4,40 ($\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$)

Tabela 2 – Transmitância térmica, Capacidade térmica e Atraso térmico para algumas paredes

Parede	Descrição	U ($\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$)	C ($\text{KJ/m}^2 \cdot \text{K}$)	ϕ (horas)
	Parede de concreto maciço	5,04	120	1,3
	Espessura total da parede: 5,0 cm			
	Parede de concreto maciço	4,40	240	2,7
	Espessura total da parede: 10 cm			

Fonte: ABNT NBR 15575-4 (2013).

A Absortância térmica (α) depende da cor utilizada na face externa da vedação. Para o caso em questão, a fachada é pintada com uma cor clara (amarela). Segundo a NBR 15.575-1, o valor a ser considerado para absortância de cores claras é de 0,30.

De acordo com a ABNT NBR 15.575-4, considerando a localização do empreendimento na zona bioclimática 7, para valores de absortância (α) menores que 0,6, a vedação deve apresentar transmitância térmica (U) menor ou igual a 3,7 $\text{W} / (\text{m}^2 \cdot \text{K})$, como observado na Tabela 3.

Tabela 3 - Transmitância Térmica

Transmitância Térmica U $\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$		
Zonas 1 e 2	Zonas 3, 4, 5, 6, 7 e 8	
$U \leq 2,5$	$\alpha^a \leq 0,6$	$\alpha^a > 0,6$
	$U \leq 3,7$	$U \leq 2,5$
^a α é absortância à radiação solar da superfície externa da parede.		

Fonte: ABNT NBR 15575-4 (2013)

Portanto a avaliação para o sistema de paredes de concreto com base nos valores normativos, o sistema utilizado no conjunto habitacional Jardim Vitória (paredes de concreto) apresenta desempenho insatisfatório, não contemplando o nível de desempenho mínimo.

4.1.2 Capacidade térmica

Segundo a ABNT NBR 15.575-4, o valor mínimo exigidos para capacidade térmica de vedações localizadas na zona bioclimática 7 é de 130 kJ/m².K, como pode-se observar na Tabela 4. O cálculo da capacidade térmica é realizado conforme a Equação 4:

$$CTa = e \cdot c \cdot \rho$$

Equação 4

Onde:

e = espessura do elemento (no sentido transversal ao fluxo de calor) [m];

c = calor específico do elemento [kJ/kg K];

ρ = densidade do elemento [kg/m³];

De acordo com os materiais das vedações verticais externas em concreto do objeto de estudo e a Tabela 2 a capacidade térmica é de 240 kJ/m².K. No caso deste material de vedação, o empreendimento em questão encontra-se conforme à NBR 15.575 (ABNT, 2013), visto que apresenta capacidade térmica acima de 130 kJ/m².K. Conforme a Tabela 4.

Tabela 4 - Capacidade Térmica

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

Fonte: ABNT NBR 15575 (2013)

Para as paredes P1 e P3, foi considerado o elemento vidro, com base nos dados da Tabela 5:

Tabela 5 – Propriedades Térmicas de Materiais de Uso Recorrente no Brasil

Outros		ρ (kg/m ³)	λ (W/m K)	c (kJ/kg K)
chapa de vidro		2.700	1,10	0,84
imper. com membranas betuminosas		1.000 – 1.100	0,23	1,46
asfalto		1.600	0,43	0,92
asfalto		2.300	1,15	0,92
betume asfáltico		1.000	0,17	1,46
argamassa/reboco	• comum	1.800 – 2.100	1,15	1,00
e assentamento	• placas de fibrocim.	1.800 – 2.200	0,95	0,84
de tijolos e blocos		1.400 – 1.800	0,65	0,84

Fonte: Lamberts, Dutra e Pereira (2013).

Desta forma a Capacidade Térmica é calculada de acordo com Equação 5:

$$CTa = 0,003 * 0,84 * 2700 = 6,804 \text{ kJ/m}^2.\text{K}$$

Equação 5

O valor da capacidade térmica do vidro, é inferior ao estabelecido por norma.

4.1.3 Aberturas para ventilação

Para o requisito de ventilação de ambientes de longa permanência foram analisadas as proporções entre as aberturas das janelas localizadas nas Paredes P1 e P3 e as áreas de piso, que contemplam o quarto 1 e 2, com 8,25m² e 7,87 m² respectivamente. Segundo o Código de Obras do Município de Palmas – TO, a área de ventilação e iluminação de ambientes de permanência prolongada deve corresponder à um sexto da área de piso, isto é, cerca de 16,67%:

Portanto, para o Quarto 1 de acordo com as Equações 6 e 7:

Dados:

- Área de abertura = 1,5x1 = 1,5 m²
- Área do ambiente=8,25 m²

$$A_{\text{ventilação}} = \frac{\text{Área de Abertura}}{\text{Área do Piso}}$$

Equação 6

$$A_{\text{ventilação}} = \frac{1,5}{8,25} = 0,1818 = 18,18\%$$

Equação 7

Para o quarto 2 de acordo com a Equação 8:

Dados:

- Área de abertura = $1,5 \times 1 = 1,5 \text{ m}^2$
- Área do ambiente = $7,87 \text{ m}^2$

$$A_{\text{ventilação}} = \frac{1,5}{7,87} = 0,1905 = 19,05\%$$

Equação 8

A ABNT NBR 15.575 estipula que edificações localizadas na zona bioclimática 7, aberturas de ventilação maior ou igual a 7%. Conforme a tabela 6:

Tabela 6 – Aberturas para Ventilação

Nível de desempenho	Aberturas para Ventilação (A)	
	Zonas 1 a 7 Aberturas médias	Zona 8 Aberturas grandes
Mínimo	$A \geq 7\%$ da área de piso	$A \geq 12\%$ da área de piso REGIÃO NORTE DO BRASIL $A \geq 8\%$ da área de piso REGIÃO NORDESTE E SUDESTE DO BRASIL

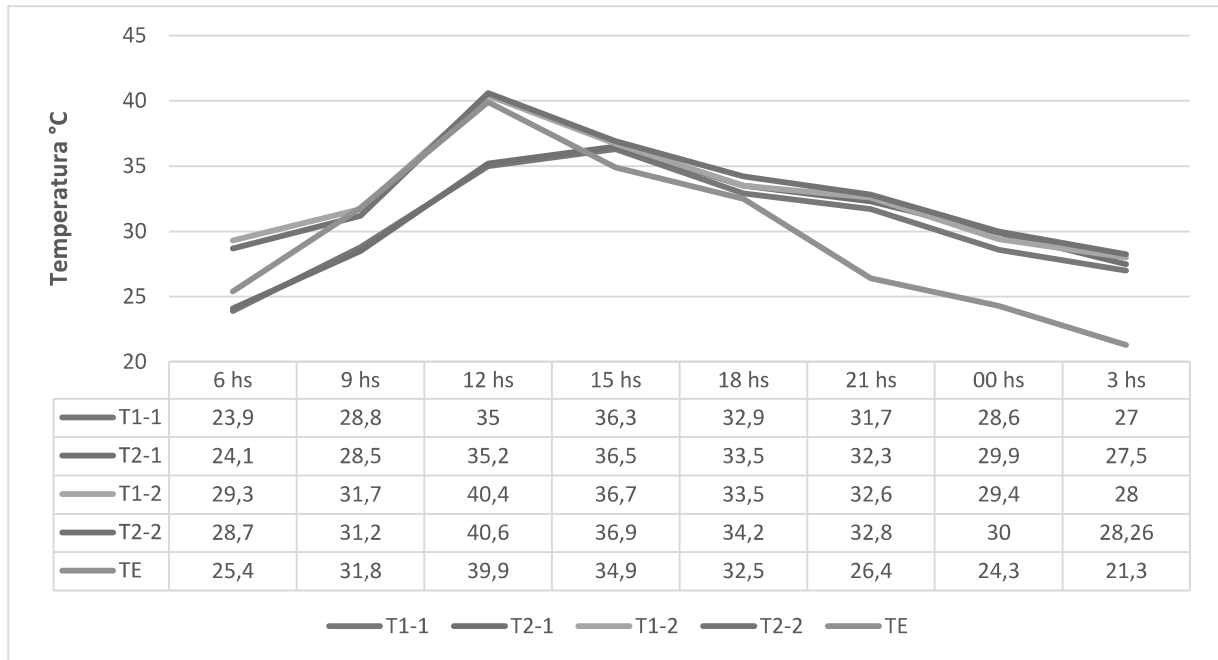
Fonte: ABNT NBR 15575 (2013)

Logo, pode se afirmar que as aberturas para ventilação dos ambientes analisados apresentam desempenho satisfatório.

4.2 Medições *in loco*

As medições *in loco* foram realizadas nos dias 17, 18 e 19 do mês de agosto do ano de 2019. Entretanto, apenas os resultados do último dia foram considerados, por recomendações contidas na norma ABNT NBR 15575 (2013) de estabilização dos aparelhos. Os dados dos demais dias estão contidos no Apêndice B, ao final deste trabalho.

Para efeitos de melhor entendimento visual os dados foram organizados de acordo com o Gráfico 1.

Gráfico 1 – Comparativo Entre os Termômetros

Fonte: Autora (2019)

No dia considerado para a avaliação de desempenho – 19/08/2019, a temperatura externa mínima registrada foi de 21,3°C às 3 hs e máxima de 39,9°C às 15 hs o que resulta em uma amplitude térmica de 18,6°C todos os dados registrados estão listados no Apêndice B.

O comportamento da casa 1 é notado da seguinte maneira: durante o dia, das 6 hs às 12 hs a temperatura dos ambientes de longa permanência da habitação em questão, são inferiores a temperatura externa. A casa 2 contempla um cenário diferente com temperaturas internas mais elevadas que externas em todos os horários exceto as 9hs.

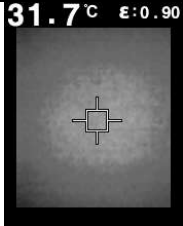
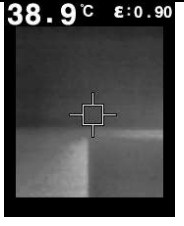
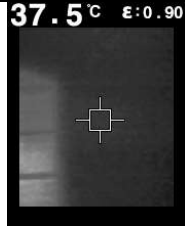
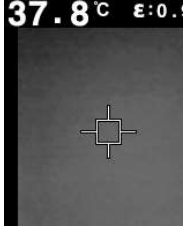
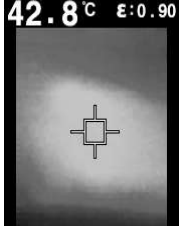
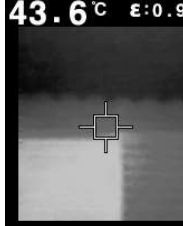
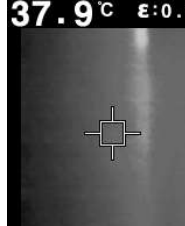
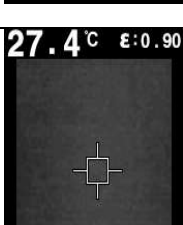
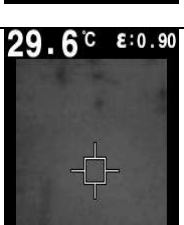
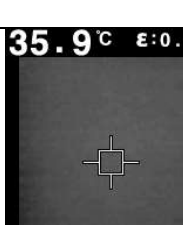
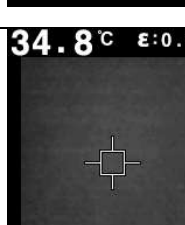
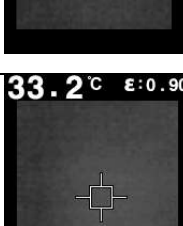
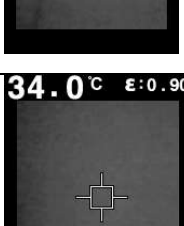
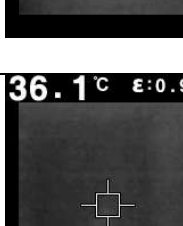
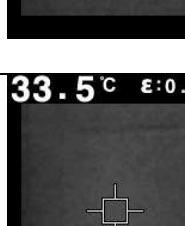
Em linhas gerais as temperaturas mais baixas foram registradas durante a madrugada, ocorrendo um aumento até o meio da tarde. A partir dos dados apresentados, verificou-se que as oscilações das temperaturas no exterior são percebidas com algum atraso no ar interno. Os sensores registram temperaturas de minuto a minuto porém por critério da autora foi escolhido o registro de 3 em 3 hs, para melhor ilustração do caso.

É perceptível que a casa 1 apresenta temperaturas do ar inferiores a casa 2 durante todo o monitoramento. A diferença significativa de temperatura entre a casa 1 e 2 é justificada pela orientação solar, com o fato dos ambientes de longa permanência da casa 2 estarem voltados para o Oeste, implicam em uma maior incidência solar durante a tarde.

Com a câmera fototérmica foram registradas imagens das paredes internas e externas

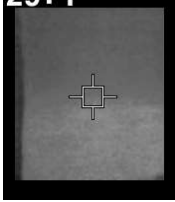
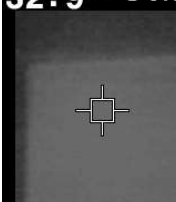
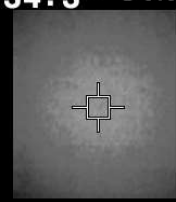
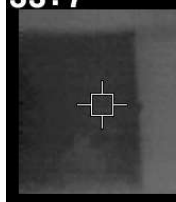
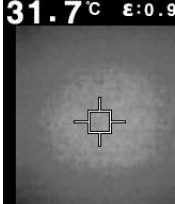
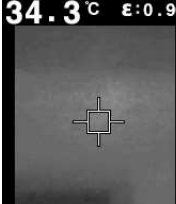
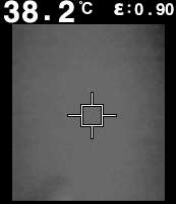
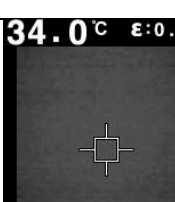
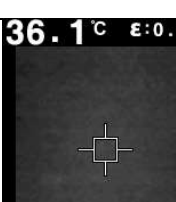
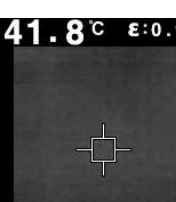
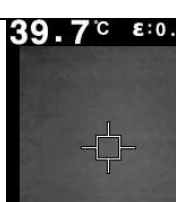
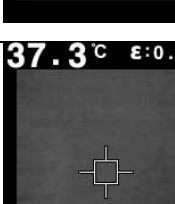
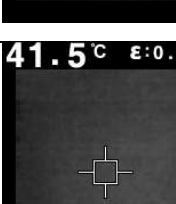
que formam os ambientes de longa permanência das duas habitações estudadas nesta pesquisa. As Tabelas 7 e 8 contêm as imagens fototérmicas destas paredes (Casa 1) no decorrer do dia, é possível notar que as imagens variam de cor de acordo com a temperatura, onde, o azul simboliza temperaturas mais baixas que o amarelo, que é perceptível apenas nas paredes com aberturas e indica temperaturas mais altas. As temperaturas registradas nas imagens, são do ponto central da parede indicada.

Tabela 7 – Imagens Fototérmicas Paredes Leste-Sul (Casa 1)

Parede	9:00hs	12:00hs	15:00hs	18:00hs
P1.1-I: Parede 1 interna com janela e orientação solar para o Leste	31.7 °C $\epsilon:0.90$ 	38.9 °C $\epsilon:0.90$ 	42.9 °C $\epsilon:0.90$ 	37.5 °C $\epsilon:0.90$ 
P1.1 - E: Parede 1 externa, com janela e orientação solar para o Leste	37.8 °C $\epsilon:0.90$ 	42.8 °C $\epsilon:0.90$ 	43.6 °C $\epsilon:0.90$ 	37.9 °C $\epsilon:0.90$ 
P2.1 – I Parede 2 interna, sem aberturas e orientação solar para o Sul;	27.4 °C $\epsilon:0.90$ 	29.6 °C $\epsilon:0.90$ 	35.9 °C $\epsilon:0.90$ 	34.8 °C $\epsilon:0.90$ 
P2.1 – E Parede 2 externa, sem aberturas e orientação solar para o Sul;	33.2 °C $\epsilon:0.90$ 	34.0 °C $\epsilon:0.90$ 	36.1 °C $\epsilon:0.90$ 	33.5 °C $\epsilon:0.90$ 

Fonte: Autora (2019)

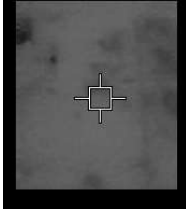
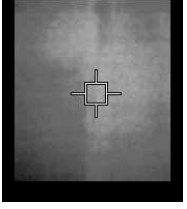
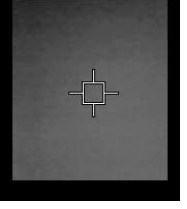
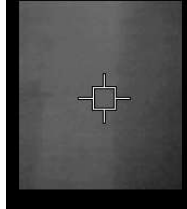
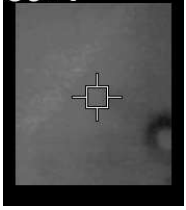
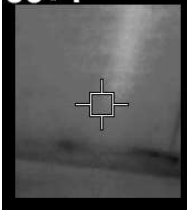
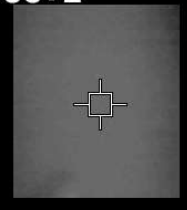
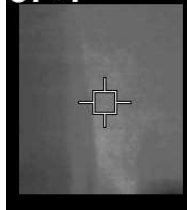
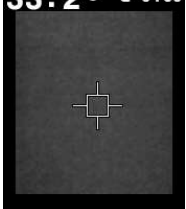
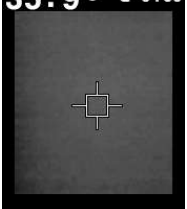
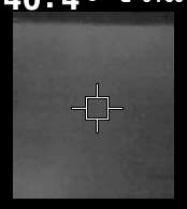
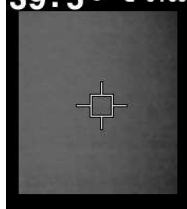
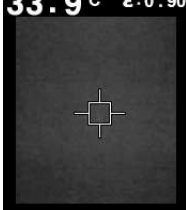
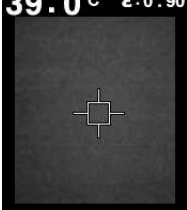
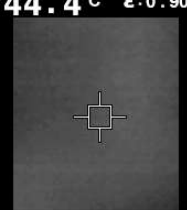
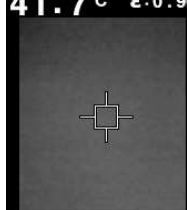
Tabela 8 – Imagens Fototérmicas Parede Sul-Oeste (Casa 1)

Parede	9:00hs	12:00hs	15:00hs	18:00hs
P3.1 – I: Parede 3 interna, com janela e orientação solar para o Sul;	29.1 °C $\epsilon:0.90$ 	32.9 °C $\epsilon:0.90$ 	34.3 °C $\epsilon:0.90$ 	33.7 °C $\epsilon:0.90$ 
P3.1 – E: Parede 3 externa, com janela e orientação solar para o Sul;	31.7 °C $\epsilon:0.90$ 	34.3 °C $\epsilon:0.90$ 	38.2 °C $\epsilon:0.90$ 	36.0 °C $\epsilon:0.90$ 
P4.1 – I: Parede 4 interna, sem aberturas e orientação solar para o Oeste;	34.0 °C $\epsilon:0.90$ 	36.1 °C $\epsilon:0.90$ 	41.8 °C $\epsilon:0.90$ 	39.7 °C $\epsilon:0.90$ 
P4.1 – E: Parede 4 externa, sem aberturas e orientação solar para o Oeste;	37.3 °C $\epsilon:0.90$ 	41.5 °C $\epsilon:0.90$ 	44.1 °C $\epsilon:0.90$ 	42.7 °C $\epsilon:0.90$ 

Fonte: Autora (2019)

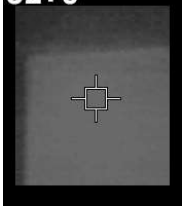
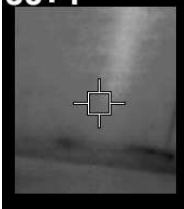
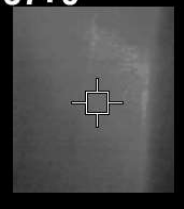
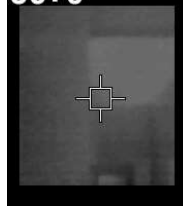
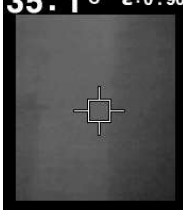
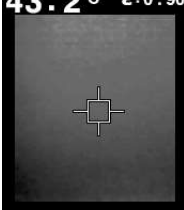
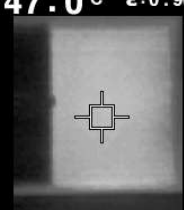
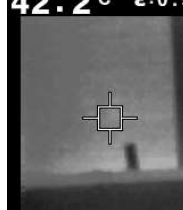
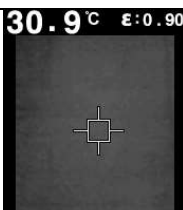
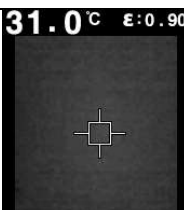
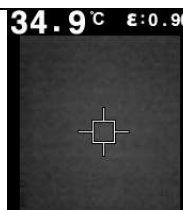
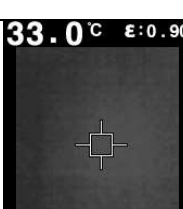
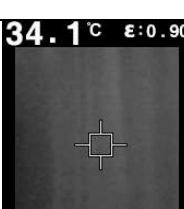
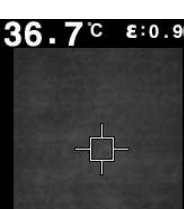
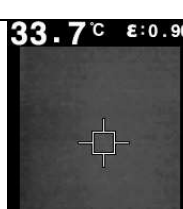
Ainda sobre as Tabelas 9 e 10 é notório o aumento de temperatura de todas as paredes e o início do resfriamento a partir das 18 hs. O horário das 15 hs é o que possui as maiores temperaturas chegando a marcar 44,1° C na parede 4 externa, sem aberturas e orientação solar para o Oeste, a Parede 1 externa, com janela e orientação solar para o Leste registrou 43,6° C enquanto a mínima temperatura de superfície registrada foi na parede 2 interna, sem aberturas e orientação solar para o Sul, com 27,4 ° C de temperatura.

Tabela 9 – Imagens Fototérmicas Paredes Norte - Oeste (casa 2)

Parede	9:00hs	12:00hs	15:00hs	18:00hs
P1.2 – I: Parede 1 interna, com janela e orientação solar para o Norte;	29.6 °C $\epsilon:0.90$ 	34.3 °C $\epsilon:0.90$ 	37.8 °C $\epsilon:0.90$ 	35.1 °C $\epsilon:0.90$ 
P1.2 - E: Parede 1 externa, com janela e orientação solar para o Norte;	30.1 °C $\epsilon:0.90$ 	35.1 °C $\epsilon:0.90$ 	38.2 °C $\epsilon:0.90$ 	37.7 °C $\epsilon:0.90$ 
P2.2 – I : Parede 2 interna, sem aberturas e orientação solar para o Oeste;	33.2 °C $\epsilon:0.90$ 	35.9 °C $\epsilon:0.90$ 	40.4 °C $\epsilon:0.90$ 	39.5 °C $\epsilon:0.90$ 
P2.2 – E: Parede 2 externa, sem aberturas e orientação solar para o Oeste;	33.9 °C $\epsilon:0.90$ 	39.0 °C $\epsilon:0.90$ 	44.4 °C $\epsilon:0.90$ 	41.7 °C $\epsilon:0.90$ 

Fonte: Autora (2019)

Tabela 10 – Imagens Fototérmicas Paredes Oeste-Sul (Casa 2)

Parede	9:00hs	12:00hs	15:00hs	18:00hs
P3.2 – I :Parede 3 interna, com janela e orientação solar para o Oeste;	32.9 °C $\epsilon:0.90$ 	35.1 °C $\epsilon:0.90$ 	37.9 °C $\epsilon:0.90$ 	36.0 °C $\epsilon:0.90$ 
P3.2 – E : Parede 3 externa, com janela e orientação solar para o Oeste;	35.1 °C $\epsilon:0.90$ 	43.2 °C $\epsilon:0.90$ 	47.0 °C $\epsilon:0.90$ 	42.2 °C $\epsilon:0.90$ 
P4.2 – I :Parede 4 interna, sem aberturas e orientação solar para o Sul;	30.9 °C $\epsilon:0.90$ 	31.0 °C $\epsilon:0.90$ 	33.2 °C $\epsilon:0.90$ 	34.9 °C $\epsilon:0.90$ 
P4.2 – E : Parede 4 externa, sem aberturas e orientação solar para o Sul;	33.0 °C $\epsilon:0.90$ 	34.1 °C $\epsilon:0.90$ 	36.7 °C $\epsilon:0.90$ 	33.7 °C $\epsilon:0.90$ 

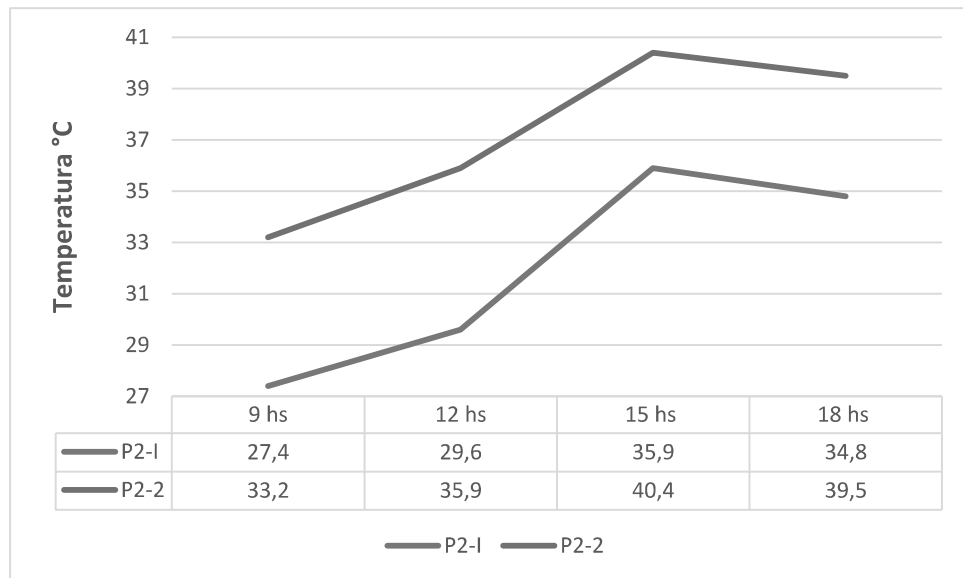
Fonte: Autora (2019)

Ao longo do dia é perceptível o aumento de temperatura de todas as paredes e o início do resfriamento a partir das 18 hs. A Parede 3 externa, com janela e orientação solar para o Oeste às 15 hs possui a maior temperatura de superfície de 47°C, e a Parede 1 interna, com janela e orientação solar para o Norte, a menor 29,6°C.

Entretanto, ao analisar o conjunto das duas habitações é notório que a casa 1 possui temperaturas de superfície inferiores à casa 2. O Gráfico 2 ilustra este comportamento nas paredes internas 2. Estas paredes são caracterizadas por não terem aberturas. Na casa 1, a parede possui sua máxima às 15 hs, de 35,9 °C, enquanto o dado da casa 2, no mesmo horário informa 40,4°C, resultando em uma diferença de 4,5°C. É neste horário que registra-se a menor diferença de temperatura de superfície destas paredes. Contudo, a maior diferença de

temperatura de superfície da parede interna 2 é de 6,3°C as 12 hs, quando a casa 1 registra 29,6°C e a casa 2 registra 35,9°C.

Gráfico 2 – Comparativo das paredes internas 2 (P.I) das casas 1 (P2.1-I) e 2 (P2.2-I)

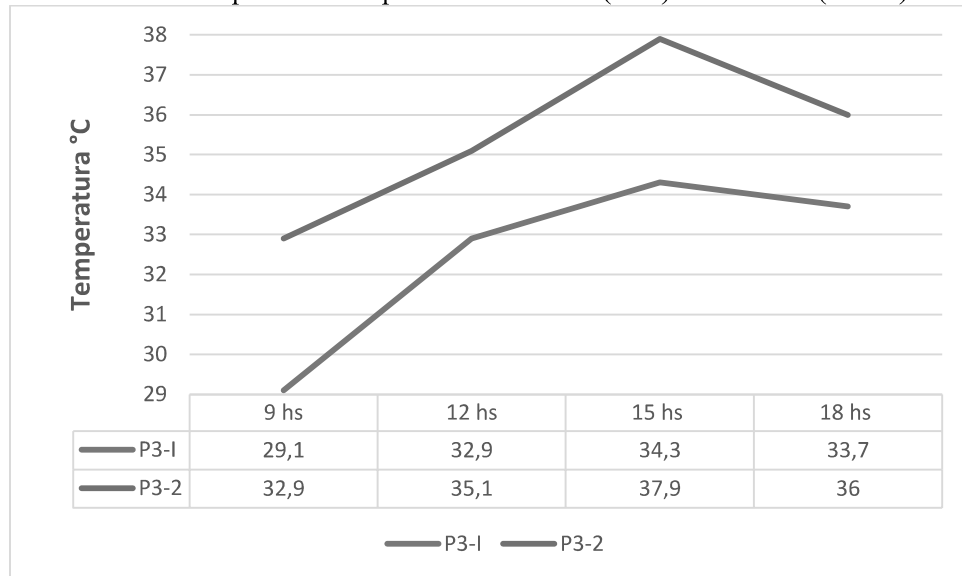


Fonte: Autora (2019).

No Gráfico 3 observa-se o comportamento da parede interna 3, caracterizada por possuir

abertura. A maior diferença de temperatura de superfície entre as paredes 3 das duas habitações é de 3,8°C às 9 hs e a menor é de apenas 2,2°C às 12hs. A máxima temperatura de superfície atingida é de 37,9°C às 15 hs na casa 2, e a mínima de 29,1°C casa 1 às 9 hs.

Gráfico 3 – Comparativo das paredes internas 3 (P3-I) das casas 1 (P3.1-I) e 2 (P3.2-I)



Fonte: Autora (2019).

5 CONCLUSÕES

Ao final da análise dos dados é notório a influência da orientação solar no resultado das temperaturas aferidas no presente trabalho. É importante salientar que as aberturas para ventilação apresentaram tamanho correto de acordo com a ABNT NBR 15575 (2013) contribuindo para a ventilação e iluminação natural.

Entretanto o desempenho térmico é insatisfatório comprovado pela máxima temperatura interna aferida in loco ter sido superior à temperatura externa não seguindo as orientações da ABNT NBR 15575 (2013).

Sendo assim, para otimizar este desempenho dever-se-ia verificar com mais rigor as questões de projeto, uma vez que, em Palmas, as condições climáticas não são favoráveis à boa performance térmica das edificações, com tendência a proporcionar desconforto por calor aos seus usuários. É imprescindível o planejamento do posicionamento e das dimensões de aberturas, empregando preceitos da arquitetura bioclimática na fase projetual.

Entretanto, para as habitações já construídas, algumas alternativas para melhorar o desempenho térmico podem ser implantadas. A utilização, por exemplo, de elementos externos de sombreamento, que não interfiram na circulação de ar na habitação, assim como o próprio isolamento térmico das paredes, são opções para solucionar o conforto.

Todos esses recursos poderiam ajudar a reduzir essa problemática observada no estudo de caso e proporcionar um maior desempenho dos materiais utilizados nas envoltórias das unidades habitacionais, garantindo o conforto térmico dos usuários e reduzindo a demanda por equipamentos elétricos de refrigeração e/ou ventilação.

Contudo para melhor compreensão do comportamento térmico das habitações sociais tratadas nesta pesquisa, para trabalhos futuros fica a sugestão da análise dos materiais de cobertura, uma vez que a latitude local favorece o alto ganho de carga térmica por incidência solar na cobertura além da análise de desempenho de materiais construtivos que sejam isolantes térmicos para aplicação em vedações e coberturas, testados através de protótipos.

REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.220** – Desempenho Térmico de Edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.575** – Edificações Habitacionais - Desempenho. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

ASHRAE – AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS. **Handbook of fundamentals**. Atlanta, GA: ASHRAE, 2013. CD-ROM

BARBOSA, K.H. **Avaliação da Influência da orientação solar, associada ao comportamento do usuário, no desempenho térmico de uma tipologia de residência unifamiliar em Goiânia**. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017.

BATISTA, J. O. **Arquitetura e seu desempenho térmico no contexto do semiárido alagoano: estudos de caso em Santana do Ipanema**. Florianópolis, 2006. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

BONDUKI, N **Arquitetura moderna, lei do inquilinato e difusão da casa própria. Estação Liberdade, São Paulo; 4ª edição, 2004**

BORGES, C. A. **O significado de desempenho nas edificações. Construção Mercado**. Brasil, 2010.

CARVALHO, P. P. **Desempenho térmico de habitações unifamiliares de interesse social com paredes de concreto armado na zona bioclimática 2**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Brasil, 2012.

CARVALHO,A.W.B; ITAMAR,I;STEPHAN,C; **Eficácia social do Programa Minha Casa Minha Vida: discussão conceitual e reflexões a partir de um caso empírico** Cad. Metrop., São Paulo, v. 18, n. 35, pp. 283-307, abr 2016.

CUNHA, F. T; THOMAZ, E. **Necessidades do Programa Minha Casa Minha Vida (MCMV) frente às exigências da NBR 15.575**. Brasil, 2016.

FREITAS, C. A. C. **Sistemas Construtivos para Habitações populares** Dissertação (Especialista em Construção Civil) Universidade Federal de Minas Gerais, 2010.

GOMES, H.; TEIXEIRA NETO, A.; BARBOSA, A. S. **Geografia: Goiás-Tocantins**. 2. ed. Goiânia: Editora da UFG, 2005.

INMET - INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa** (BDMEP). Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em: 20 jun. 2018.

LAMBERTS, R.; DUARTE, V. C. P. **Desempenho térmico de edificações**. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, março de 2016.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. 3ª edição. São Paulo: Pro Livros, 2013.

LARCHER, J.V.M; PEREIRA, A.C.W.; GAIA, S.; SANTOS, A. dos. **A incorporação de conceitos das novas filosofias da construção de projetos de habitação de interesse social**. In; WORKSHOP BRASILEIRO DE GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 4., 2004, Curitiba. Anais...Curitiba: UFPR, 2004. Disponível em: 33. Acesso em 14 jun. 2019

LIMA, Mariana Brito de; BARBOSA, Djean da Costa; SILVA, Liliane Flávia Guimarães da. **Arquitetura bioclimática: recomendações para Palmas/TO**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, 11., out. 2014, Curitiba. Anais... Curitiba: Associação Brasileira de Climatologia, 2014. p. 186–198.

LIMA, T. B. **Análise de desempenho térmico de edificações habitacionais**: desenvolvimento de interface BIM para avaliações automatizadas segundo as normas ABNT NBR 15575 e ABNT NBR 15220. 86 p. Monografia (Graduação em Engenharia da Construção Civil). Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2014.

MATTOS, T. L. **Análise do desempenho térmico de habitações populares da Microrregião de Guaratinguetá – SP**. 2015. 72f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2015.

NUNES, V. Q. G. **Análise estrutural de edifícios de paredes de concreto armado**. Dissertação (Mestrado em Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, Brasil, 2011.

NASCIMENTO, J. Tocantins: História e Geografia. Goiânia: Bandeirante, 2009. 141 p

PINTO, L. M. C. Luzimangues: “Uma nova cidade na periferia de Palmas”; Arquitextos, Jan, 2014

ROCHA, N.M. **O uso d IoT para o monitoramento do desempenho térmico de um empreendimento imobiliário em Palmas-To. A luz da norma de desempenho NBR 15575**, Palmas, 2019

RORIZ, M. **Desempenho térmico e as paredes de concreto (entrevista)**. Núcleo Parede de Concreto. 2014. Disponível em: < <http://nucleoparededeconcreto.com.br/destaque-interno/desempenho-termico->

e-as-paredes-de-concreto>. Acesso em: 20 de junho de 2019.

SACHT, H. M. **Painéis de vedações de concreto moldados *in loco* avaliação de desempenho térmico e desenvolvimento de concretos**. Dissertação de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo do Departamento da Universidade de São Carlos ,2008.

SANTOS, Milton. **A Urbanização Brasileira**. 5ª Edição. 1ª Reimpressão. São Paulo, Edusp, 2008.

SCHILLER, S. **Relevância de “proyescos demostratovps” de bajo impacto ambiental e eficiência energética. Curso de Diseño y Urbanismo, Centro de Investigación Habitat e Energia**, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina, 2002.

SILVA, L. F. G. **Percepção climática e conforto térmico: contribuição ao estudo interdisciplinar dos aspectos objetivos e subjetivos do clima em Palmas, TO**. Palmas, 2018. 550 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Tocantins – Campus Universitário de Palmas - Curso de Pós-Graduação em Ciências do Ambiente, 2018.

SILVA, VCP. **Palmas, a última capital projetada do século XX: uma cidade em busca do tempo**. [online]. São Paulo: Editora UNESP; São Paulo: Cultura Acadêmica, 2010. 294 p. ISBN 978-85-7983-092-1. Available from SciELO Books.

SORGATO, M. J.; MELO, A. P.; LAMBERTS, R. **Análise do Método de Simulação de Desempenho Térmico da Norma NBR 15575**. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 12., Brasília, 2013. Anais. Brasília: ANTAC, 2013.

WERNER, Edmundo; ABIKO, Alex Kenya; COELHO, Leandro de Oliveira **Pluralismo na Habitação**. São Paulo: Annablume EPUSP, 2001.

APÊNDICE A – Projeto Arquitetônico Jardim Vitória

APÊNDICE B – Levantamento de Dados das Temperaturas dia 01 e dia 02

Dia 01

Horário	T1	T2	T3	T4	TE	Umidade (%)
6:00hs	24,5	24,2	29,9	29,9	25,7	33
9:00hs	28,3	28,6	31,4	31,5	31,1	41
12:00hs	35,2	35,2	36,1	36,1	34	34
15:00hs	35,5	35,9	40,1	40,2	39,7	29
18:00hs	33,7	33,2	33,2	33,1	32,8	24
21:00hs	32,4	32,6	32,2	32,3	25,9	25
00:00hs	29,2	28,3	28,7	28,9	24,1	27
3:00hs	27,8	27,7	28,3	28,1	21,9	29

Dia 02

Horário	T1	T2	T3	T4	TE	Umidade (%)
6:00hs	28,1	27,9	29,6	30,01	27,9	40
9:00hs	28,6	28,7	31,4	31,3	31,8	38
12:00hs	36,5	36,1	36,1	36,1	34,4	35
15:00hs	35,4	35,4	40,3	40,8	39,9	25
18:00hs	33,7	33,9	33,2	33,01	32,5	26
21:00hs	29,9	32,1	32,9	32,6	26,4	31
00:00hs	29,2	29,2	29,9	29,8	24,3	33
3:00hs	27,4	27,3	28,3	28,1	26,5	35