

Josilson Marinho Correia

VERIFICAÇÕES HIGROTÉRMICAS DE TÉCNICAS VOLTADAS AO  
CONFORTO TÉRMICO EM RESIDÊNCIA DE CONSTRUÇÃO LEVE: estudo de  
caso de uma casa modelo em Palmas – TO.

Palmas – TO

2019/2

Josilson Marinho Correia

VERIFICAÇÕES HIGROTÉRMICAS DE TÉCNICAS VOLTADAS AO  
CONFORTO TÉRMICO EM RESIDÊNCIA DE CONSTRUÇÃO LEVE: estudo de  
caso de uma casa modelo em Palmas – TO.

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II  
elaborado e apresentado como requisito parcial  
para obtenção do título de bacharel em  
Engenharia Civil pelo Centro Universitário  
Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. Me. Murilo de Pádua Marcolini

Palmas – TO

2019/2

Josilson Marinho Correia

VERIFICAÇÕES HIGROTÉRMICAS DE TÉCNICAS VOLTADAS AO  
CONFORTO TÉRMICO EM RESIDÊNCIA DE CONSTRUÇÃO LEVE: estudo de  
caso de uma casa modelo em Palmas – TO.

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II  
elaborado e apresentado como requisito parcial  
para obtenção do título de bacharel em  
Engenharia Civil pelo Centro Universitário  
Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. Me. Murilo de Pádua Marcolini

Aprovado em: 18/11/2019

BANCA EXAMINADORA



---

Prof. M.e Murilo de Pádua Marcolini

Orientador



---

Prof. M.e Hider Cordeiro Moraes



---

Prof(a). Esp. Tailla Alves Cabral Brito

Palmas – TO

2019/2

## **DEDICATORIA**

Dedico esse trabalho a minha mãe Maria dos Santos, por me apoiar nos momentos mais difíceis, por me incentivar a continuar e me dar exemplo de conceitos morais e ético.

E aos meus amigos por toda ajuda que obtive, por todas as horas de sono perdidas em conjuntos e por todos os momentos de alegrias que passamos.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Professor Mestre Murilo Pádua Marcolini pelas discussões e orientações durante o trabalho.

Ao Professor Mestre Hider Cordeiro Moraes pelo auxílio na realização do trabalho e no empréstimo dos equipamentos utilizados nas análises.

A instituição Luterana CEULP/ULBRA por todos os anos como funcionário e pelos momentos de compreensão durante o tempo de realização desse trabalho.

E aos meus amigos pelas discussões acaloradas, pelas soluções discutidas e pelo conhecimento dividido.

## RESUMO

CORREIA, Josilson Marinho. **VERIFICAÇÕES HIDROTERMICAS DE TECNICAS VOLTADAS AO CONFORTO TERMICO EM RESIDENCIA DE CONTRUÇÃO LEVE**: estudo de caso de uma casa modelo em Palmas-TO. 2019. 42 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas, 2019.

Este trabalho teve por objetivo obter dados que identificam a viabilidade higrotérmicas do conforto térmico na residência de construção leve que foi estruturada em modelo Steel Framing, modelo construtivo teve como finalidade ter uma construção com níveis de conforto térmico além do convencional. Foram realizadas análises com a utilização de termo-higrômetros digitais, no pavimento térreo em diversos cômodos da residência e foram comparadas com os dados obtidos do INMET através de estações automáticas coletadas no mesmo período de análise, em diferentes horas do dia. Foi utilizado o Índice de Temperatura e Umidade para comparar os resultados obtidos. Verificou-se que a residência em Steel Framing apresentou índices de temperatura e Umidade menores que os verificados na casa convencional, justificando sua arquitetura diferenciada para a obtenção de um maior conforto térmico. As análises discutidas foram elaboradas por verificações de temperatura e umidade com fatores de máxima, mínima e média e diferença de medias diurnas e noturnas. Obtendo um resultado satisfatório em relação ao processo de construção ainda em decorrência.

**Palavras-chave:** índice de temperatura e umidade, conforto térmico residencial, Steel Framing, diurnas e noturnas.

## **ABSTRACT**

CORREIA, Josilson Marinho. **VERIFIED HYDROTHERMICS OF TECHNIQUES RETURNED TO THE THERMAL COMFORT IN RESIDENCE OF LIGHT CONSTRUCTION:** a case study of a model house in Palmas-TO. 2019. 42 f. TCC (Undergraduate) - Civil Engineering Course, Lutheran University Center of Palmas, Palmas, 2019.

This work aimed to obtain data that identify the hygrothermal viability of thermal comfort in the light construction residence that was structured in Steel Framing model, constructive model aimed to have a construction with thermal comfort levels beyond the conventional. Analyzes were performed using digital thermo-hygrometers on the ground floor in several rooms of the residence and were compared with data obtained from INMET through automatic stations collected in the same analysis period, at different hours of the day. The Temperature and Humidity Index was used to compare the results obtained. It was found that the residence in Steel Framing had lower temperature and humidity indices than those found in the conventional house, justifying its different architecture to obtain greater thermal comfort. The analyzes discussed were elaborated by temperature and humidity checks with factors of maximum, minimum and average and difference of day and night averages. Obtaining a satisfactory result in relation to the construction process still in progress.

**Keywords:** temperature and humidity index, residential thermal comfort, Steel Framing, daytime and nighttime.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Mapa Climático do Brasil.....	11
Figura 2 – Índice Pluviométrico de Palmas.....	12
Figura 3 – Temperatura da Cidade de Palmas.....	12
Figura 4 – Zoneamento Bioclimático Brasileiro.....	15
Figura 5 – Modelo de Ventilação Cruzada.....	17
Figura 6 – Modelo de Ventilação Chaminé.....	17
Figura 7 – Palácio da Assembleia de Chandigarh / Le Corbusier.....	18
Figura 8 – Localização Via Satélite da Casa modelo.....	20
Figura 9 – Fluxograma de Pesquisa.....	22
Figura 10 – Sht 31 Smart Gadget .....	23
Figura 11 – Planta baixa do Pavimento Térreo com Localização dos Equipamentos.....	30
Figura 12 – Variação de Temperatura.....	33
Figura 13 – Variação de Umidade.....	34



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dados gerais dos picos e mediana da temperatura.....	33
Tabela 2 – Dados gerais dos picos e mediana da umidade.....	34
Tabela 3 – Dados máximos, mínimos e médios diários de temperatura.....	36
Tabela 4 – Dados máximos, mínimos e médios diários de umidade.....	37
Tabela 5 – Valores máximos gerais de temperatura e umidade.....	38
Tabela 6 – Valores médios nos períodos diurnos e noturno.....	38
Tabela 7 – Variação de temperatura diurnas e noturnas.....	39

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 – Relação entre espessura da placa cimentícia com a aplicação.

Quadro 2 – Protocolo de pesquisa.

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
NBR	Normas Brasileiras Regulamentar
CO <sub>2</sub>	Dióxido de Carbono ou Gás Carbônico
INMET	Instituto de Meteorologia

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
1.1 PROBLEMA DE PESQUISA .....	13
1.2 HIPÓTESES.....	13
1.3 OBJETIVOS .....	14
<b>1.3.1 OBJETIVO GERAL.....</b>	<b>14</b>
<b>1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....</b>	<b>14</b>
1.4 JUSTIFICATIVA .....	14
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>16</b>
2.1 CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA DO BRASIL.....	16
2.1.1 CLIMA TOCANTINS.....	17
2.1.2 PALMAS .....	17
2.1.3. CONFORTO TERMICO E NORMA DE DESEMPENHO. ....	20
<b>3 METODOLOGIA.....</b>	<b>26</b>
3.1 DESENHO DO ESTUDO (TIPO DE ESTUDO) .....	26
3.2 LOCAL E PERÍODO DE REALIZAÇÃO DA PESQUISA.....	26
3.3 OBJETO DE ESTUDO OU POPULAÇÃO E AMOSTRA .....	27
3.4 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO .....	28
3.5 VARIÁVEIS .....	28
3.6 INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS, ESTRATÉGIAS DE APLICAÇÃO, PROCESSAMENTO, ANÁLISE E APRESENTAÇÃO DOS DADOS. ....	28
<b>4 PROCEDIMENTOS E DISCUSSOES .....</b>	<b>31</b>
4.1 LOCAL DE ANÁLISE.....	31
4.2 LEVANTAMENTO DE DADOS .....	32
4.3 PROCEDIMENTOS PARA COLETA DE DADOS .....	32
4.4 DADOS GRAFICOS GERADOS .....	33
4.5 ACERTIVAS DADAS ATRAVES DE ANÁLISE GRÁFICAS.....	35
<b>5 CONCLUSÃO .....</b>	<b>41</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>43</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Os estudos focados na atmosfera, que relaciona no sentido da climatologia e temperatura no âmbito geográfico, vêm se destacando desde a década de 1930 até os dias atuais. Nesse período foram desenvolvidas novas teorias e técnicas a respeito da análise climática e conforto térmico.

Sorre (2006) entendeu que o clima é dotado de um ritmo específico para cada lugar do globo, em cada instante e ao realizar esta definição este autor contribuiu para a caracterização do objeto da Climatologia. A partir de então a atmosfera foi entendida como sendo capaz de reproduzir estados atmosféricos que se repetem em determinados períodos, mas que também podem sofrer alterações, provocando até mesmo a ocorrência de eventos extremos. (MOREIRA; TEIXEIRA, 2012).

Na engenharia não é diferente, as técnicas desenvolvidas para a melhoria do conforto térmico das unidades habitacionais e estabelecimento comerciais vem sendo realizadas de forma para que os moradores ou clientes possam sentir-se tão confortáveis, a ponto de sentir totalmente satisfeito. Essas técnicas vêm sendo elaboradas e utilizadas de acordo com clima do país e regiões distintas. “Nesta área do conhecimento, a Climatologia Urbana tem começado a se destacado por pesquisar as relações dos fenômenos meteorológicos com o sistema antrópico, uma vez que a população residente em centros urbanos é atingida com frequências cada vez maior por eventos climáticos intensos, dada a composição e a estrutura das cidades” (ANDRADE, 2005).

No Brasil, tendo em vista o clima tropical e subtropical. Há uma variedade de sensações climáticas no país. As técnicas desenvolvidas para que possa melhorar o conforto térmico, vêm sendo de grande ajuda para diminuir essas sensações, principalmente em locais que há um teor alto de clima quente ou frio, sendo que estas técnicas são capazes de se regularizar e proporcionar uma aceitação térmica no ambiente em questão, tornando-o agradável para as pessoas.

Porém, de acordo com o modelo de construção utilizado, as técnicas de conforto térmico são pouco usuais, devido à falta de conhecimento ou rentabilidade durante a construção da obra. Essas técnicas vêm sendo desenvolvidas em moldes que envolvem o custo, velocidade de construção e temperatura variável. A partir do século vinte e um, essas teorias e técnicas vêm sendo buscadas constantemente, pois a variação de clima vem acontecendo desordenadamente.

Em Palmas- TO, muitas técnicas para o conforto térmico vêm sendo utilizadas, sejam ela em moldes estruturais, eficiência no planejamento de ventilação, modelos de alvenaria e de utilização do concreto.

O clima da capital tem uma variação em determinados períodos, sendo considerado um clima mais quente na maior parte, devido a proximidade da linha do equador e a diferença de umidade no ar.

Na cidade de Palmas vem sendo realizado um estudo que tem como foco o conforto térmico. Uma casa modelo de construção leve, utilizando técnicas de construção Steel Framing, e revestimento em materiais que mantém a temperatura interna equilibrada com a sensação adequada para os moradores. Esse estudo é baseado na adequação da construção com o clima quente da cidade.

Variáveis individuais e ambientais podem influenciar no conforto térmico. Dentre as primeiras destacam-se as características das vestimentas e do metabolismo (sexo, idade, raça, atividade exercida e hábitos alimentares), o que pode mudar substancialmente as preferências térmicas de pessoa para pessoa (SILVA, 2008). Dentre as variáveis ambientais, a temperatura, a umidade relativa ar e a velocidade do vento têm grande importância para a determinação das diferentes faixas de conforto. (MOREIRA; TEIXEIRA, 2012).

Apesar de esses fatores serem recorrentes na cidade de Palmas, as técnicas para o conforto térmico em parte ainda são desconhecidas pela grande massa construtiva da metrópole. Portanto, pensando nesse sentido esse trabalho realizou uma programação de verificações higrotérmicas utilizado na casa modelo, objetivando a temperatura, umidade do ar e a ventilação cruzada.

## 1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

Em decorrência do severo clima quente que há na cidade de Palmas – TO, os projetos realizados vêm ganhando destaques quando incluídos a questão do conforto térmico. Com o avanço da tecnologia empregado na construção de edificações, essa influência em melhorias no conforto térmico vem crescendo gradualmente.

Portanto, partindo desse propósito, determina-se como problema de pesquisa a seguinte interrogação – O aumento gradual de umidade, a variação de temperatura e a eficiência da ventilação cruzada ocasionam uma mudança significativa no conforto térmico de um ambiente fechado?

## 1.2 HIPÓTESES

Observando o problema que foi mencionado anteriormente, estabelecem-se as seguintes hipóteses nesse trabalho:

- A variação de temperatura é um fator agravante para ter uma sensação térmica agradável dentro de um local fechado.
- A umidade estabelecida nos ambientes fechados tem influência direta para o conforto térmico.
- O projeto de ventilação cruzada de acordo com a norma de desempenho 15.220 pode definir a eficiência do processo de conforto térmico.

### 1.3 OBJETIVOS

#### 1.3.1 OBJETIVO GERAL

Verificar a eficiências de técnicas voltadas ao arrefecimento passivo de residência de construção leve, utilizando o modelo Steel Framing, observando fatores relacionados diretamente com o aumento da temperatura e que pode afetar para o incomodo ou para a melhoria do conforto térmico residencial.

#### 1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Verificar a temperatura e umidade do pavimento térreo, com aberturas e vedação distintas.
- Comparar dados encontrados com os dados do INMET, fazendo uma alusão a temperatura externa.
- Realizar análise de eficiência da ventilação cruzada no projeto e comparar com os parâmetros da Norma 15.220.

### 1.4 JUSTIFICATIVA

A capital Palmas, localizada à margem do Rio Tocantins, é definida como maior cidade do estado do Tocantins, tendo uma população estimada em torno de 299 mil habitantes segundo dados fornecidos pelo IBGE para ano de 2019.

Conhecida como a cidade ecológica, foi definida como arquitetura de espaços verdes. Porém, essa definição vem sendo colocada apenas no papel. Tendo em vista o controle ecológico e a proporção de crescimento habitacional. Palmas vem tendo mudanças significativas nesse cenário.

A cidade vem sendo carregada de longos períodos de clima seco e de altas temperaturas. Com o crescimento urbano e populacional, principalmente por imigração de pessoas de outros estados para a capital tocantinense, se faz

necessário procurar meios que possa ajudar a diminuir esse conceito de cidade quente, melhorando a qualidade de vida da população.

Conforme o Instituto Nacional de Meteorologia – INMET a cidade de Palmas – TO apresentou no ano de 2018 uma temperatura média máxima anual de 36°C com baixa umidade do ar durante alguns meses, ocorrendo entre junho e o início de outubro.

Observado as condições atuais do clima da capital, podemos ver que soluções construtivas podem ser um modo de diminuir o poder climático que afetam a todos. Os estudos em questão foram para analisar justamente meios de construções que agregam fontes novas de melhorias no conforto térmico, tendo como principal foco os meios que estão como principais causadores de desconforto perante a população.

Essas técnicas consideradas inovadoras poderá ser um novo meio de escapar da alta sensação térmica proporcionada pelo clima da cidade ou até uma solução para o problema considerado de suma importância.

Melhorando consideravelmente a qualidade da habitação, podendo ser um novo meio de fonte comercial, além de ser um diferencial no momento econômico que se encontra no meio imobiliário.

Tendo assim a eficiência construtiva do projeto e a apresentação de dados que efetuam como um exemplo de modelo a ser explorado, podendo servir como base construtiva de casas em toda região tocantinense.



## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA DO BRASIL

Segundo Instituto Nacional de Meteorologia (2015) diz: O clima, em sentidos estreitos, pode ser considerado o “tempo médio”, ou de uma forma científica precisa, pode ser definido com a “descrição estatística em termos de média e variabilidade de quantidades relevantes durante determinado período.

No Brasil temos três tipos de climas diferentes, porém apenas dois tipos em tem maior predominância. De acordo com o Nardin (2015, pág. 8) .

O Brasil é um país de dimensões continentais, e a tropicalidade é uma de suas principais características, como já vimos. Ainda que se estenda quase que completamente na zona intertropical, o território brasileiro apresenta uma considerável variedade de tipos climáticos, o que se reflete na formação de um rico e diversificado mosaico de paisagens naturais

Sobre a diversidade climática do Brasil o IBGE (2015) diz:

“Há três tipos de clima no país: equatorial, tropical e temperado. O clima equatorial abrange boa parte do território nacional, englobando principalmente a região da Floresta Amazônica, onde chove quase diariamente e faz muito calor. Já o clima tropical varia de acordo com a região, mas também é quente e com chuvas menos regulares. O sul do Brasil é a região mais fria do país. Nela predomina o clima temperado que, no inverno, pode atingir temperaturas inferiores a zero grau.

Apesar do Brasil ser considerado um país com três tipos de clima: equatorial, tropical e temperado. A maior parte do país possui zonas quentes, principalmente nas regiões Norte e Nordeste onde predomina o clima tropical e equatorial, podendo ser mais bem observado na Figura 1.

**Figura 1** - Mapa Climático do Brasil



Fonte: Nimer, E. Um modelo metodológico de classificação de climas. Revista Brasileira de Geografia, Rio de Janeiro: IBGE, ano 41, n. 4, p. 59-89, out./dez. 1979. Disponível em: <[http://biblioteca.ibge.gov.br/colecao\\_digital\\_publicacoes.php](http://biblioteca.ibge.gov.br/colecao_digital_publicacoes.php)>. Acesso em: mar. 2012. Adaptado.

**Fonte: IBGE (2015)**

### 2.1.1 CLIMA TOCANTINS

No Estado Tocantins com área de 277.620,914 km<sup>2</sup> localizada na região norte do País, composto por 139 municípios, tem precipitação média anual entre 1200 mm a 2100 mm, sua população é estimada em 1.383.445 em 2010, o estado é caracterizado com três tipos de climas: clima úmido com moderada deficiência hídrica no inverno; clima úmido subúmido com moderada deficiência hídrica no inverno e clima úmido subúmido com pequena deficiência hídrica, onde Palmas (capital do estado) é acomodada. (SEPLAN, 2012)

### 2.1.2 PALMAS

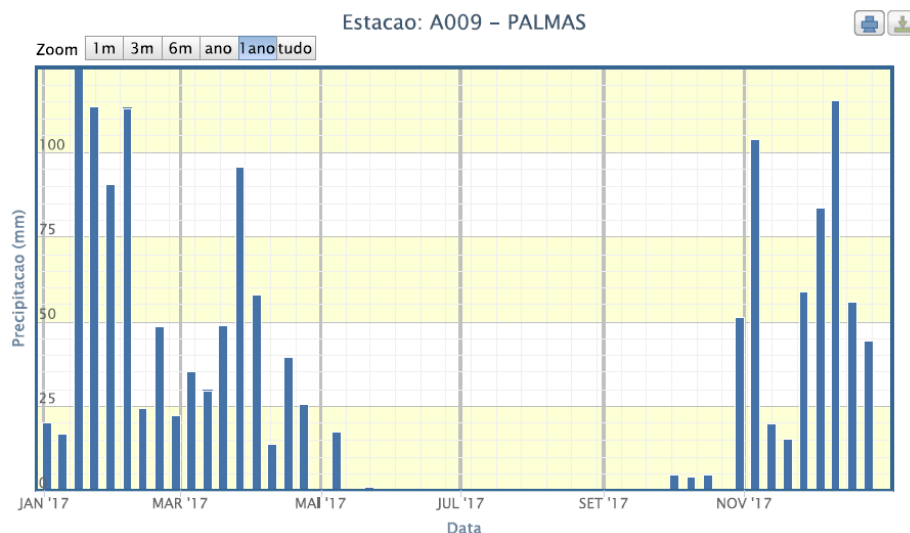
A cidade está localizada nas coordenadas geográficas de 10°12'46" de Latitude, 48°21'37" de Longitude, com 330 m acima do nível do mar.

De acordo com dados do IBGE (2019) a população estimada em Palmas é de 299 mil habitantes.

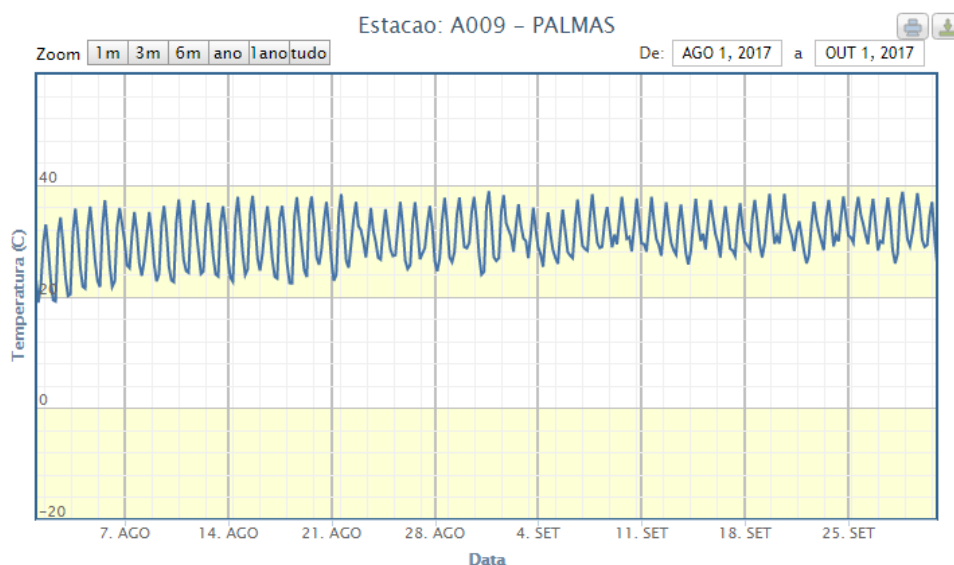
Segundo Seplan (2012) Em relação ao clima, é classificada como clima úmido e subúmido com pequena deficiência hídrica, onde possui evapotranspiração potencial média anual de 1600 mm e período bem definidos de seca e chuvoso.

A cidade de Palmas, foi construída no centro geográfico do estado com finalidade de ser a capital do estado do Tocantins, sendo projetada inicialmente para 2 milhões de pessoas em seu plano diretor, e para essa definição, foram realizados serviços de topografia, recursos hídricos, e conceitos urbanísticos. A quadra padrão com cerca de 700 x 700 metros podendo abrigar até 12 mil habitantes. (TEIXEIRA, 2009)

Para melhor esclarecimento da metodologia e dos resultados é necessário ter conhecimento das características climáticas da cidade que possui períodos com definições distintas na quantidade de umidade relativa do ar, chegando a um período de estiagem como pode ser observado conforme na figura 2.

**Figura 2 - Índice Pluviométrico de Palmas****Fonte:** INMET (2017)

De acordo com o dados na figura 3 fornecido pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), (2017) consegue-se definir que na estação seca, a região possui baixos índices de umidade, com temperaturas que podem chegar aos 40°C, além disso possui uma alto diferenciação de nível de temperatura durante o dia, podendo ser de até 16°C, ou seja, a diferença entre a temperatura máxima e a mínima registrada durante o dia pode chegar até 16°C.

**Figura 3 - Temperatura da cidade de Palmas****Fonte:** INMET (2017)

Para entendermos melhora local de estudo, é necessário explicar como é feita a realização da construção do modelo utilizado na casa de construção leve. O

modelo utilizado foi o de Steel Framing, esse modelo segundo o Instituto Brasileiro de Siderúrgica e Centro Brasileiro de Construção em Aço no livro Steel Framing na Arquitetura (2012, p. 14)

É sistema construtivo de concepção racional, que tem como principal característica uma estrutura construída por perfis formados a frio de aço galvanizado que são utilizados para a composição de painéis estruturais e não estruturais, vigas secundárias, vigas de piso, tesouras de telhado e demais componentes. Ou seja, toda a estruturação da construção é feita em moldes de aço que ao realizar a construção, são montados em encaixe, até que possa ser necessário fazer a vedação de paredes e colocação de esquadrias e telhado.

Portanto, a construção selecionada para a pesquisa tem base estrutural em vigas e colunas em aço, com vedação em placas cimentícia na parte externa da construção. A parte interna da construção foi realizada uma vedação com uma manta térmica, que fica entre a placa de cimento que faz a vedação externa com a placa de gesso acartonado que faz a vedação da parte interna da casa. O piso é feito um substrato de apoio de chapas de madeira transformada para proteger as placas de cimento em relação a resistência a flexão.

A principal função dessa manta é manter a sensação térmica da casa, não deixando que o calor externo adentre a edificação e nem que a perca a sensação térmica agradável dos interiores.

A especificação da espessura da placa cimentícia utilizada no modelo estudado com característica de vedação termo-acústico. De acordo com a Brasilit, a tabela a seguir define qual é o tipo de modelo para cada aplicação.

Quadro 1. Relação entre espessura da placa cimentícia e aplicação.

<b>Espessura da placa</b>	<b>Aplicação Usual</b>
6mm	Podem ser aplicadas em divisórias leves e paredes secas internas, onde não existam aplicações de carga suportadas diretamente pela placa.
8mm	Podem ser aplicadas em divisórias leves e paredes secas internas e externas, em áreas secas e úmidas, podendo existir aplicações de carga suportadas pela placa.
10mm	Utilizadas para áreas secas e molhadas, internas ou extremas. Ideal para paredes estruturais, melhorando a resistência contra impactos, aplicações de carga e isolamento termo-acustico.

Fonte: Brasilit (2013).

A vedação interna feita em gesso acartonado sendo definida em Drywall, constituídos por perfis em U de aço galvanizado. Essa técnica de montagem utilizando fixação pelo sistema Drywall possibilita uma manutenção mais adequada no interior das vedações além de uma facilidade retirada de paredes para possíveis mudanças na estrutura. (Manual em Construção em Aço – Steel Framing: Arquitetura (2006, p. 80).

### 2.1.3. CONFORTO TERMICO E NORMA DE DESEMPENHO.

A NBR 15220 (2005, p.5) define como a “satisfação psicofisiológica de um indivíduo com as condições térmicas do ambiente”. Como vimos anteriormente o Brasil, possui diversos tipos climáticos e conseqüentemente a engenharia e a arquitetura devem se adequar para cada região, afim de proporcionar melhor qualidade e maior conforto térmico para as moradias.

Segundo a NBR 15575 (2013), a sensação de conforto térmico depende bastante das condições de ventilação dos ambientes, as aberturas e o posicionamento das mesmas.

A respeito do tema Frota e Schiffer (2003, p.26), diz que existem três tipos de índices de conforto que podem ser analisados, são eles:

Índices biofísicos: que se baseiam nas trocas de calor entre o corpo e o ambiente, correlacionando elementos do conforto com as trocas de calor que dão origem a esses elementos; Índices fisiológicos: que se baseiam nas relações fisiológicas originadas por condições conhecidas de temperatura seca do ar; temperatura radiante média, umidade do ar e velocidade do ar; Índices subjetivos: que se baseiam nas sensações subjetivas de conforto experimentadas em condições em que os elementos de conforto térmico variam.

Segundo CBIC (2013), para a confecção do índice de conforto térmico é necessário observar uma gama extensa de variáveis. As mais importantes e as que maior relevância e alteram significativamente no índice são: ventilação; umidade do ar; temperatura. É certo que quanto mais variáveis a serem analisadas, o índice ficará mais real e mais confiável, nos respalda a NBR15575 (2013).

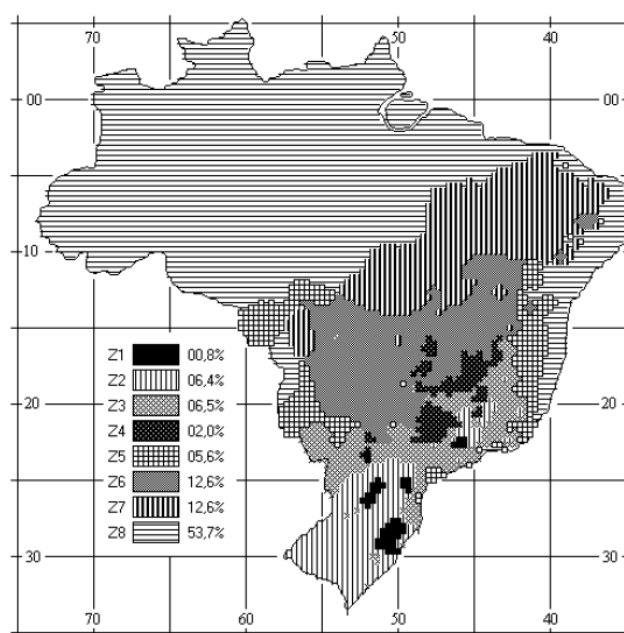
Segundo Frota e Schiffer (2003), o sol é uma importante fonte de calor, que incide nas edificações, que representa sempre um ganho de calor, que será por causa da intensidade da radiação incidente e das características térmicas do sistema adotado no edifício.

Conforme a NBR 15220 (2005) existem outros fatores que interferem diretamente para deixar o ambiente com mais conforto térmico:

- Absorvência à radiação solar dos materiais: é um valor variável, de acordo com o tipo de superfície, pelo formato, propriedade do material e pela coloração, ou seja, na hora da escolha da pintura de uma casa ou tipo de cobertura é importante escolher cores mais claras e materiais de cobertura com baixo valor de absorvência a radiação solar.
- Condutibilidade térmica: Propriedade física de um material ter maior condutibilidade de passar ou transportar calor. Deve-se levar em conta na escolha de materiais para a realização da cobertura ou escolha do tipo de material para vedação, a NBR 15220 (2005) nos informa alguns valores de condutibilidade.
- Calor específico dos materiais: Quantidade de calor necessária para acontecer a variação em uma unidade de temperatura de um sistema pelo seu peso, fator que determinante na escolha do material a ser utilizado.

A NBR15220 (2005) faz uma divisão bioclimática brasileira em oito zonas (figura 4). Uma zona se diferencia uma da outra pelas suas diferenças climáticas, conseqüentemente o tratamento térmico de cada região é diferente, técnicas construtivas e materiais construtivos mínimos para cada região. “Para cada uma destas zonas, formulou-se um conjunto de recomendações técnico-construtivas que buscam otimizar o desempenho térmico das edificações, através de sua melhor adequação climática.” (CAIXA, 2010 p.17).

**Figura 4 - Zoneamento Bioclimático Brasileiro**



**Fonte:** NBR15220 (2005)

Na NBR 15220 (2005), a cidade de Palmas não foi classificada nominalmente, e a própria diz que deve- ser considerar a cidade mais próxima, que no caso é Porto Nacional, que se encontra na zona 7, com temperatura máxima média de 35,6°C e temperatura mínima média de 18,0°C, também foi visto na norma que a média de temperatura do nosso Estado é a segunda mais alta do país, perdendo apenas para Teresina - PI.

A NBR15575 (2013) nos informa três tipos para aferir se a edificação está de acordo e qual desempenho ela se enquadra, são eles: avaliação térmica pelo método simplificado; avaliação em campo; avaliação por software computacional Energy Plus. O presente trabalho se propõe a fazer avaliação de campo, onde as medições serão realizadas em loco. Para avaliação em campo a norma se delimita a três níveis de desempenho térmico, eles indicam a qualidade agregada no sistema construtivo em um conjunto inteiro, são eles: nível mínimo, intermediário e superior.

## 2.1 TIPOS DE VENTILAÇÃO UTILIZADAS EM CONSTRUÇÃO LEVE

Segundo Pereira (2018) diz:

Nada mais racional que utilizar o vento, um recurso natural, gratuito, renovável e saudável, para melhorar o conforto térmico de nossos projetos. A consciência da finitude dos recursos e a demanda pela redução no consumo energético tem retirado o protagonismo dos sistemas de ar condicionado, fazendo com que arquitetos e engenheiros se voltem aos sistemas passivos para melhoria do conforto térmico nos interiores.

As variações de modelos de ventilação é uma alternativa que vem crescendo dia após dia no mercado construtivo brasileiro. Com o agravamento dos problemas ambientais e com os pedidos de diminuição no consumo de energia, esses métodos vêm sendo cada vez mais usuais.

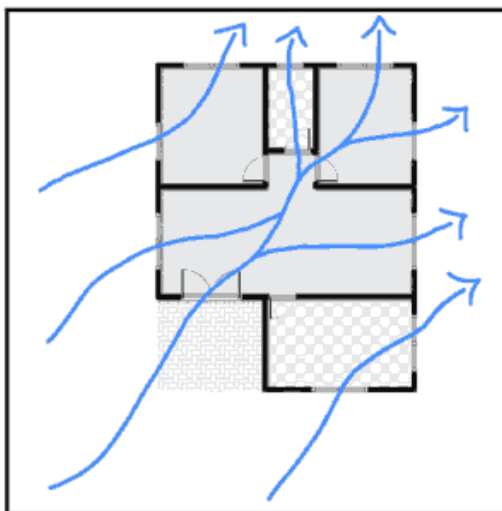
Os modelos mais conhecidos são a ventilação natural cruzada como observamos na figura 5, ventilação natural induzida, efeito chaminé e resfriamento evaporativo. De acordo com o projeto, e com combinações necessárias para que a circulação do vento seja de maneira correta, pode melhorar significativamente o conforto térmico, diminuindo ainda o consumo de energia de aparelho usados para melhorar a sensação térmica.

De acordo com o artigo de Pereira (2018) diz:

A ventilação natural cruzada é aquela cujas aberturas em um determinado ambiente ou construção são dispostas em paredes opostas ou adjacentes, permitindo a entrada e saída do ar. Indicado às construções em zonas climáticas com temperaturas mais elevadas, o

sistema permite trocas constantes do ar dentro do edifício, renovando-o e ainda, diminuindo consideravelmente a temperatura interna.

Figura 5– Modelo de ventilação cruzada

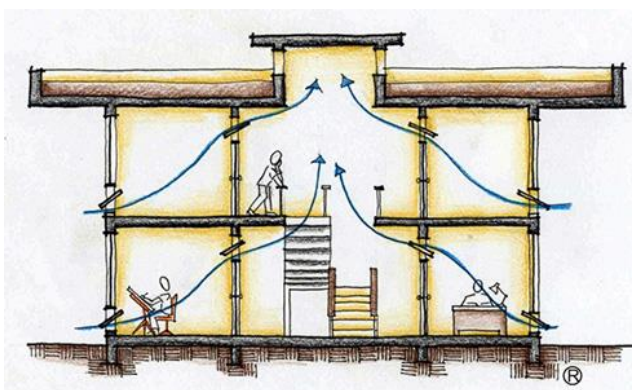


Fonte: <https://www.fazfacil.com.br/reforma-construcao/projeto-construcao-ventilacao/>

A ventilação induzida acontece quando o projeto tem uma indução térmica que transmite condução de resfriamento do ar, ou seja, no projeto construtivo tem aberturas que ativam essa circulação. Esse tipo de projeto, normalmente tenta modificar a direção do vento para que a circulação aconteça de forma dissipada. Um exemplo básico são aberturas feitas do solo, para que o ar quente do ambiente possa circular em direções opostas ao frio, já que o ar quente é mais leve que o ar frio.

Como observado na figura 6, a ventilação recorrente na vertical, que é o tipo mais comum em prédios ficou como modelo chaminé. Este modelo de ventilação muito parecido com o modelo induzido, porem o projeto tem áreas de aberturas que com a ajuda do ar frio, consegue aumentar a pressão até que o ar quente saia.

Figura 6. Modelo de Ventilação chaminé





Fonte: <http://projeteee.mma.gov.br/implementacao/efeito-chamine-fluxo-interno/>

Segundo o artigo de Pereira (2018), o tipo de ventilação resfriamento evaporação pode ser interpretado assim:

O resfriamento evaporativo faz com que pela disposição de extensos espelhos d'água ou lagos, estrategicamente posicionados na direção das correntes de ar predominantes, frente aos edifícios com aberturas, permite que ao passar pela água, o vento siga com certa porcentagem de umidade, garantindo frescor a climas áridos.

Esse método de ventilação é muito utilizado para edificações construídas próximo ao leito dos mananciais de água. As características de aberturas fazem com que as gotículas de água adentrem a edificação, tornando o espaço mais úmido e com clima agradável. Um modelo muito conhecido é o do palácio da assembleia de Chandigarh como podemos observar na figura 7, conhecido como Le Corbusier em Chandigarh, em que foi projetado na parte frontal da edificação, espaços com um aprofundamento para que fosse colocado água, ou seja, não havia manancial então foi construído um espelho de água.

Figura 7. Palácio da Assembléia de Chandigarh / Le Corbusier



Fonte: Imagem de Laurian Ghinitoiu

Segundo Aynsley (1977), o efeito do vento no conforto durante o verão, proporciona uma condição de conforto térmico no interior da edificação que é alcançada por meio de ventilação natural, durante o dia, mas para isso a velocidade do vento precisa ser maior e a umidade relativa do ar menor do que no período da noite

Estudos experimentais realizados na Universidade Loughborough demonstram que o conforto térmico em uma edificação pode ser alcançado sem o emprego de ventilação mecânica na maioria dos dias de verão (EFTEKHARI et al. 2001)

Com o conhecimento dos tipos de ventilação, é possível estabelecer a eficiência de cada um deles. O método de verificação mais comum é através da medição de temperatura, observando a variação de máximas e mínimas. Contudo o que varia muito neste devido ao fluxo de vento corriqueiros do dia de coleta de dados.

Muitos dos conceitos de avaliação eficiência da ventilação são utilizados, atualmente se fala muito em modelagem computacional. Esse tipo de avaliação se faz através de software específicos que são dadas as observações de construção, clima predominante, quantidades de abertura, direção do vento, latitude e longitude. Além dessas observações, são feitos cálculos de acordo com a norma de eficiência 15.575 e a norma 6123 forças devidas ao vento em edificações.

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 DESENHO DO ESTUDO (TIPO DE ESTUDO)

O estudo em questão foi abordado de maneira a objetivar um conhecimento tecnológico de técnicas voltadas ao conforto térmico de um ambiente fechado, utilizado na casa modelo, ou seja, pesquisa básica para demonstrar a eficiência da ventilação e do conforto térmico.

Durante a pesquisa, foram aferidos em modo quali-quantitativa alguns aspectos que interferem para a mudança da sensação térmica nesse ambiente, e serão comparados através de estudos comparativos que mostraram a interferência desses aspectos na qualidade térmica da edificação.

Essa pesquisa teve características de pesquisa explicativa, pois o tema abordado será relacionado à diferença de temperatura, umidade e utilização da ventilação cruzada, explicando a eficiência desse modelo de ventilação, demonstrando causas e efeitos de aspectos que podem alterar a temperatura e o conforto do morador.

As aferições foram realizados no pavimento térreo, dentro de uma edificação de construção leve que foi construída em modelo Steel Framing e vedação com manta térmica, com o objetivo de realizar um estudo de caso para definir a eficiência térmica da edificação de acordo com a arquitetura e projeto definido, tendo em vista o conforto que será originado.

#### 3.2 LOCAL E PERÍODO DE REALIZAÇÃO DA PESQUISA

O processo de estudo desse trabalho foi realizado na cidade de Palmas, mais precisamente na quadra 1503 Sul (ARSO 151), Alameda 15, Lote 22, Quadra Interna 46, onde fica localizado um modelo de construção leve, com dois pavimentos com área total construída de 155,40 m<sup>2</sup>, podemos observar a localização via satélite pela figura 8.

O ambiente selecionado é o pavimento térreo, composto por sala de televisão com sala de estar e a cozinha tendo 45,24m<sup>2</sup> e 17,57m<sup>2</sup> respectivamente cada local, sendo no total de 62,81m<sup>2</sup>.

O ambiente teve um período de análise de 11 dias, com intervalos de aferição iguais de 10min, sendo estudada os fatores relevantes a captação da umidade relativa no ar e temperatura e posteriormente analisado a ventilação cruzada, utilizando parâmetros de classificação da Norma 15220.

Figura 8. Localização via satélite da casa modelo.



Fonte: Google Maps. 2019

### 3.3 OBJETO DE ESTUDO

O objeto estudado é proveniente de um meio material e causas ligadas ao desconforto por meios de fenômenos da natureza. O procedimento metodológico teve o foco na sensação térmica de uma construção leve com método construtivo voltado para melhoria do conforto térmico, fazendo a relação da construção com a graduação térmica do ambiente.

Todo procedimento de coleta de dados foi realizado com a utilização do aparelho Sht 31 Smart Gadget, que nos foi dado o fator temperatura e umidade no pavimento térreo da construção.

Esses fatores serão analisados de forma estatística e comparativa utilizando gráficos e planilhas no Excel e observando se está de acordo com a norma 15.220 que analisa o desempenho de construção, neste caso focando na ventilação da edificação.

Os objetos selecionados para a análise foram a graduação de umidade, o aumento relativo da temperatura e os dados obtidos pelo INMET.

O Sht 31 Smart Gadget foi fornecido pelo Prof. Me. Hider Cordeiro Moraes, tendo a coleta por um período de 11 dias.

### 3.4 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO

As amostras foram compostas através de medições periódicas, essas medições foram realizadas durante o período determinados por horas e intervalos idênticos.

A quantificação utilizada foi a umidade relativa do ar e a temperatura. Durante a coleta não será considerada a formação climática externa do ambiente, sabendo que essa aferição pode ser inconclusiva. Foi considerado apenas as medições feitas pelo INMET no período da aferição.

### 3.5 VARIÁVEIS

As variáveis foram detalhadas através da mensuração dos aparelhos eletrônicos para cada fator analisado, cada dado foi comparado através dos diferentes aparelhos colocados no pavimento térreo e os dados do INMET em determinados horário de acordo com o ambiente distinto. Portanto a variação de valores será dada pelo tempo de mensuração de acordo com o clima gerado e pela captação dos aparelhos eletrônicos

### 3.6 INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS, ESTRATÉGIAS DE APLICAÇÃO, PROCESSAMENTO, ANÁLISE E APRESENTAÇÃO DOS DADOS.

O estudo é realizado em modo de teste de coleta de dados, esses testes foram originados através de aferição de aparelhos eletrônicos, a coleta foi realizada diretamente na edificação de construção leve, ou seja, não necessitará de análises em laboratório, tornando a coleta totalmente prática.

O modelo de pesquisa utilizado é de forma livre, em que não segue um padrão pré-existente, pois os resultados estatístico e comparativo serão comparados com a norma de desempenho 15.575 e a norma 15.220.

Os instrumentos utilizados na coleta de dados foram:

- Aparelho Sht 31 Smart Gadget

Aparelho Sht 31 Smart Gadget é o aparelho utilizado para mensurar a quantidade relativa de umidade no ar e a temperatura em cada ambiente.

Figura 11. Sht 31 Smart Gadget



Fonte: Sensirion, 2019

As amostras de dados foram coletadas durante 11 dias, em que a temperatura foram dada em graus Celsius ( $^{\circ}\text{C}$ ) e a umidade do ar foram analisado em porcentagem (%). Para a realização de coletas de dados foram colocados os aparelhos em 3 locais distintos no pavimento térreo, o primeiro próximo a entrada principal da sala de tv/estar, outro próximo a saída da sala de tv/estar e outro na cozinha.

Portando foi definido da seguinte forma: foram coletados os dados umidade relativa do ar e a da variação de temperatura na variação a cada 10 minutos, em que foram coletados os dados da data de 25/03/2019 até a data de 04/04/2019.

Esses dados coletados, foram devidamente organizados por data e horário de coleta em tabelas.

Após a organização dos dados estatísticos foi feita a verificação de eficiência da ventilação cruzada no interior da edificação, usando os dados estáticos e a observação das aberturas de projeto, gerando assim a qualificação da eficiência de ventilação, observando os fatores que agravam a o conforto térmico.

Esse trabalho teve a finalidade em apresentar a eficiência do conforto térmico no modelo construtivo, que pode ser um novo método utilizado futuramente, ou seja, com a busca por melhorias na área de conforto térmico o estudo a ser feito serve de demonstrativo, comprovando que as técnicas são eficazes.

O estudo a seguir segue um protocolo de pesquisa de acordo com a metodologia segundo Yin (2010) que define uma facilidade de entendimento deste estudo e ajuda na aferição dos dados e desenvolvimento do estudo.

Quadro 1 – Protocolo da pesquisa.

<b>Visão Geral do Projeto</b>
<p><b>Objetivo:</b> Identificar os fatores responsáveis para o aumento do desconforto térmico de uma edificação leve em ambiente fechado e determinar se os parâmetros de construção estão de acordo com a norma de desenvolvimento.</p> <p><b>Assuntos do estudo:</b> Verificações higrotérmicas, análises estáticas e comparações de dados.</p> <p><b>Leituras relevantes:</b> Gráficos e modelos gráficos, Gerenciamento de projetos, Guia de Desenvolvimento de Construção, Manual de Steel Framing.</p>
<b>Procedimentos de Campo</b>
<p><b>Apresentação das credenciais:</b> Apresentação como acadêmico para o engenheiro e sócio proprietário do imóvel.</p> <p><b>Acesso aos Locais:</b> Negociado previamente.</p> <p><b>Fonte de Dados:</b> Primárias (aferições de dados através de aparelho eletrônico) e secundárias (gráficos estatísticos)</p> <p><b>Advertências de Procedimento:</b> Não se aplica.</p>
<b>Questões investigadas no estudo:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>a. O nível de conhecimento dos princípios básicos em análise de projetos;</li> <li>b. O modelo de projetos adotadas para a construção do imóvel;</li> <li>c. Verificação de fatores que modificam a sensação térmica da edificação;</li> <li>d. Análise estatística dos resultados do processo de estudos dos dados coletados</li> <li>e. Estudo de desempenho utilizado para o modelo de ventilação natural da edificação baseado classificação de norma.</li> </ul>

Fonte: elaboração do autor (2019).

## 4 PROCEDIMENTOS E DISCUSSOES

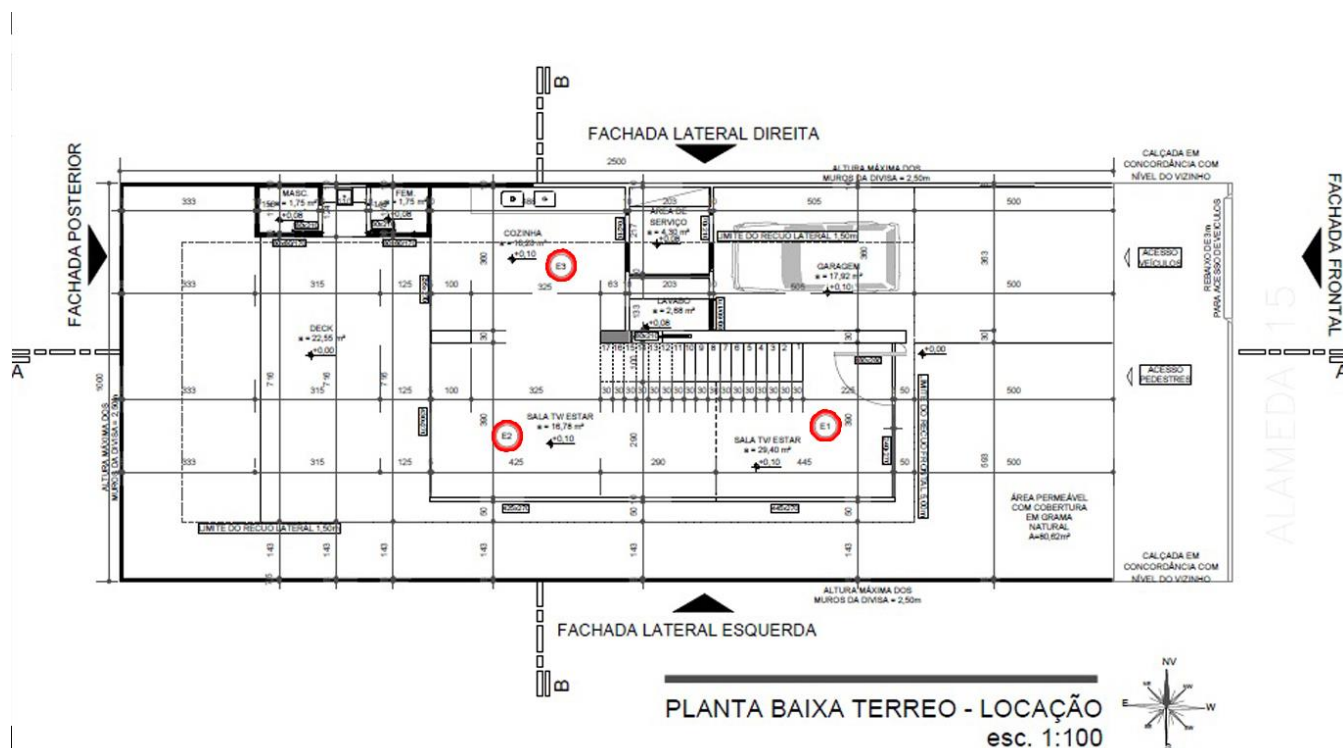
### 4.1 LOCAL DE ANÁLISE

O local de análise é uma construção leve com modelo construtivo em Steel Framing, que se aplica a superestrutura realizada com vigas e colunas em aço, alvenaria de vedação realizada em três diferentes vedações, na parte externa é colocada uma placa cimentícia pré moldada com pintura para controle de absorção de calor, a parte interna e um fechamento de gesso acartonado e entre essas vedações há uma manta térmica feita de fibra de vidro.

A manta tem a função de manter a temperatura interna constante e não permitir que o calor externo adentre a casa através do calor do sol nas paredes. O gesso acartonado tem função de acabamento e resistência, além disso facilita o processo de futuros reparos.

Na imagem figura 11 podemos observar os locais que foram distribuídos os Sht 31 Smart Gadget, neste caso foram distribuídos 3 (três) equipamentos em cômodos diferentes do pavimento térreo, E1 (equipamento 1) foi colocado na entrada frontal da residência, E2 (equipamento 2) foi colocado na saída da sala de estar e o E3 (equipamento 3) foi colocado na cozinha.

Figura 11 – Planta Baixa do pavimento térreo com localização dos equipamentos.





## 4.2 LEVANTAMENTO DE DADOS

Na avaliação do desempenho térmico foram utilizados dados baseados nas características do ambiente e coletados a temperaturas e umidade do local tomado. Com o auxílio do aparelho Sht 31 Smart Gadget obteve a temperatura em graus Celsius (°C) e umidade relativa no ambiente em porcentagem (%) os dados foram transmitidos para o aplicativo MyAmbience via bluetooth instalado no aparelho celular.

## 4.3 PROCEDIMENTOS PARA COLETA DE DADOS

O Processo de coleta de dados se decorreu do período de 25/03/2019 até a data de 04/04/2019, os dados utilizados para definir as análises gráficas foram das 12:19 hora da data de 25/03/2019 até as 23:59 hora da data de 04/04/2019, essas datas foram utilizadas justamente para análise de 24 horas em todos os dias, neste caso as análises selecionadas ocorrem durante 11 dias.

Os dados obtidos foram coletados de 10 em 10 minutos e gravados no processamento do aparelho. Após a retirada dos dados do aparelho, foi observado que os dados são obtidos por uma unidade de medição chamada Epoch UTC.

Neste procedimento as análises foram convertidas de Epoch UTC para data; hora; minuto. Para a conversão desses dados foi utilizado o site <https://www.epochconvert.com>, a conversão dos dados é dada automaticamente para o fuso horário GMT - 00 (Linha do Equador), sendo assim foi feita a mudança do fuso horário obtido para o fuso horário de Brasília. Deste modo foi gerando o período de quantificação de umidade no ar e temperatura no ambiente para a região brasileira, totalizando 264 horas submetendo a um espaço temporal de 10 minutos gerando assim 1584 coletas de dados por aparelho e para cada fator higrotérmico estudado.

Os dados do lado exterior da edificação foram obtidos através do site do INMET (Instituto de Meteorologia), através das coletas de dados de estações automáticas que são distribuídas na cidade. Como os dados obtidos são da temperatura e umidade coletados de 1 em 1 hora em UTC, se fez necessário realizar a conversão do horário para GMT - 03 que nesse caso representa o fuso horário de Brasília.

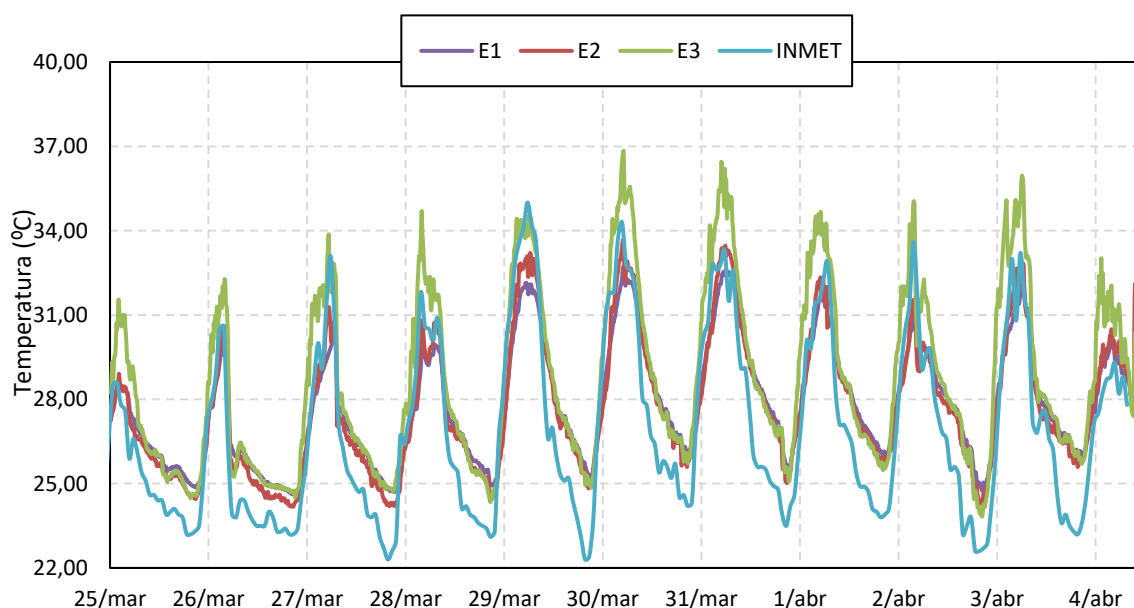
Os dados coletados foram apresentados em gráfico para que deste modo possamos fazer a comparação da região interna da edificação com a parte externa.

#### 4.4 DADOS GRAFICOS GERADOS

Os dados foram convertidos em duas tabelas gerais, em que a variação e feita dos dias que foram coletados os dados e as variação de valores encontrados. Cada aparelho teve seu índice medido em um cômodo diferente.

Para a mensuração da temperatura foi dada uma variação entre 22°C até 40°C. Podemos observar no figura 12.

Figura 12 – Variação de Temperatura



Se observado os dados gerais, podemos definir os valores máximo e mínimo entre a mensuração de 25/03 até 04/04 de 2019 de temperatura, tendo assim um valor obtido pelo INMET, comparado a temperatura externa da edificação e a temperatura interna, dados esses mensurados em °C (Graus Celsius).

A tabela 1 representa o valor máximo, mínimo e o valor médio obtido durante todas as análises coletadas.

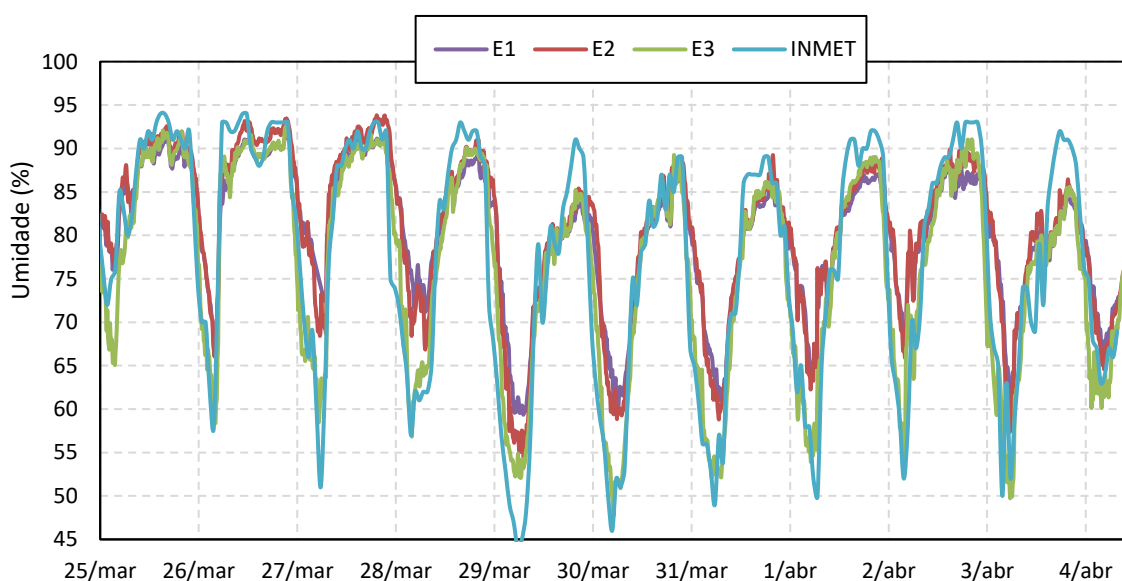
Tabela1. Dados gerais dos picos e mediana da temperatura

Medidas	E1	E2	E3	INMET
Máxima	32,72	33,68	36,84	35,00
Mínima	23,40	23,59	23,76	22,30
Média	27,79	27,72	28,66	26,80

Os valores foram deixados com duas casas de proporção para que os dados analisados fossem com uma precisão melhor, tendo um teor de sensação térmica ainda mais favorável.

Para a mensuração da umidade foi dada uma variação entre 45% até 100%. Podemos observar no figura 13.

Figura 13 – Variação de Umidade.



Se observado os dados gerais, podemos definir os valores máximo e mínimo entre a mensuração de 25/03 até 04/04 de 2019 de umidade, tendo assim um valor obtido pelo INMET, comparado a umidade externa da edificação e a umidade interna. Dados esses mensurados em % (Porcentagem)

Tabela2. Dados gerais dos picos e mediana da umidade.

Medidas	E1	E2	E3	INMET
Máxima	92	94	93	95
Mínima	59	54	48	44
Média	80	80	76	78

#### 4.5 ACERTIVAS DADAS ATRAVES DE ANÁLISE GRÁFICAS

Durante o estudo, mais precisamente na data de 25/03/2019 por volta das 01:00 até as 05:00 houve uma precipitação de chuva variando de 0.6 mm até 1,2 mm, na data de 26/03/2019 entre 14:00 e 15:00 ocorreu outra precipitação de chuva de 2.6 mm até 6.2 mm e na data de 03/04/2019 a precipitação ocorreu entre 01:00 até as 06:00 variando de 1.8 mm até 17.5 mm. Esses dados foram fornecidos pelo INMET através de estação meteorológicas automáticas.

Nestas datas a umidade encontrada no interior da residência foi maior devido ao fator de precipitação, consequentemente a temperatura interna da residência principalmente na parte frontal da residência tivesse uma variação de temperatura menor, mantendo assim uma temperatura mais agradável.

Observando as tabelas 1 e 2, podemos ver que as análises foram nos espaço do equipamento 1 (E1) e equipamento (E2) foram satisfatória, porém no equipamento 3 (E3) de acordo com a norma de desempenho térmico, passou de 1°C mostrando que no cômodo da cozinha a viabilidade de conforto térmico não foi satisfatória, pois os dados de temperaturas dos equipamentos 1 e 2 foram menores que a mensuração externas, e o equipamento 3 que fica no local com menor ventilação, mas a diferença chega apenas a 1,84°C, tornando uma sensação térmica baixa quando foi observado apenas a questão de temperatura. Nesse caso deveria ser revisto a parte de incidência solar na parte da cozinha, ou a opção de uma abertura de ventilação nesse local.

Com tudo os valores de mínima e média foram maiores que o valores externos, demonstrando que a variação de temperatura interna é baixa para os equipamentos E1 e E2. Com isso podemos dizer que se temperatura externa aumentar ou diminuir a temperatura interna continuar por um tempo a mesma. Melhorando assim a adaptação da sensação térmica.

Observados os dados de umidades, podemos definir que os valores máximos foram abaixo do valor do INMET, mas a diferença maior chegou apenas a 2%, portanto, tendo em vista que a umidades estava maior que 90% em todos os ambientes. Tendo em vista que teve precipitações, gerando chuvas, definimos que essa umidade alta se deu a chuva que ocorreu em alguns dias e horários já mencionados.

Quando colocamos em pauta a umidade baixa, todos os fatores são favoráveis na parte interna da residência, mostrando uma mudança climática interna

baixa, tendo assim uma sensação térmica agravante, pois quanto maior a quantidade de umidade maior e a dificuldade de transferência de calor humano para o ambiente. Com isso, de acordo com os fatores de umidade, podemos relacionar como satisfatório para ajudar a diminuir a temperatura do ambiente, mas dificulta na melhora do conforto térmico, pois essas transferências de calor humano com o ambiente são um dos fatores mais importante para a sensação térmica ser agradável.

As medianas encontradas de umidade mostra toda a reação de conforto interno gerado com o acúmulo de umidade interna, que definimos anteriormente que a umidade é inversamente proporcional a temperatura.

Para um entendimento completo das figuras 12 e 13, foram feitas duas tabelas com os valores máximo, mínimo e médios, estabelecendo dessa forma os valores de cada dado por dia e qual foi a diferença nessa mesma dia, chegando a menor temperatura do dia.

Tabela 3. Dados de máxima, mínima e média diários de temperatura.

TEMPERATURA												
Datas	Equipamento 1			Equipamento 2			Equipamento 3			INMET		
	Máximo	Mínimo	Média	Máximo	Mínimo	Média	Máximo	Mínimo	Média	Máximo	Mínimo	Média
25/mar	28,73	25,99	27,30	28,91	25,62	26,71	31,55	25,98	27,88	28,60	22,90	24,26
26/mar	30,14	24,87	26,15	30,60	24,45	25,83	32,28	24,48	26,43	30,60	23,20	24,14
27/mar	30,21	24,63	25,99	31,28	24,18	26,29	33,87	24,50	27,38	33,10	23,20	24,95
28/mar	30,06	24,70	26,73	30,81	24,21	26,69	34,70	24,71	27,82	31,80	22,30	25,40
29/mar	32,14	24,93	28,04	33,21	24,42	28,14	34,55	24,36	29,00	35,00	23,10	26,85
30/mar	32,72	25,06	28,41	33,68	24,83	28,54	36,84	24,85	29,35	34,30	22,30	26,83
31/mar	32,59	26,06	28,92	33,47	25,59	28,75	36,45	25,72	29,99	33,30	24,20	27,29
01/abr	31,71	25,50	28,44	32,34	25,02	28,37	34,67	25,08	29,34	32,90	23,50	26,28
02/abr	31,11	25,99	28,02	31,54	25,73	27,78	35,05	25,48	28,75	33,60	23,80	26,15
03/abr	32,10	24,75	27,96	32,84	24,29	27,87	35,95	23,83	28,79	33,20	22,60	25,88
04/abr	31,18	23,40	27,50	32,12	23,59	27,47	33,02	23,76	28,07	29,30	23,20	25,09

Com essa tabela podemos observar que os dias mais quentes foram entre os dias 29/03 até 31/03 variando entre 32°C até aproximadamente 37°C se for verificados os três equipamentos, sendo que o a fachada frontal teve o menor índice de temperatura máxima, quando é comparada com as temperaturas com os equipamentos 2 e 3, tornando se o mais satisfatório.

Quando é analisado as temperaturas mínimas, os índices dos dias permaneceram com a variação de 23°C até aproximadamente 26°C, mesmo quando

comparadas as diferenças entre os equipamentos. Quando comparamos esses valores aos valores do INMET que variam entre 22°C até 24°C, podemos observar que a diferença de temperatura chega a um ápice de 2°C, porém a parte externa da residência tem seu âmbito de ventilação em 100%, enquanto a edificação há barreiras, como as vedações e a própria estrutura.

Portanto, podemos dizer que mesmo com uma diferença considerável, a temperatura é considerada parcialmente satisfatória, já que a cozinha obteve uma diferença de temperatura considerada inaceitável.

Baseando nessa análise de temperatura podemos definir que o estudo teve uma complexidade baixa, porem foi com um resultado eficientes em determinados locais, pois teve variações que foram melhoradas em poucas horas.

Tabela 4. Dados de máxima, mínima e média diários de umidade do relativa do ar.

Datas	UMIDADE											
	E1			E2			E3			INMET		
	Máximo	Mínimo	Média	Máximo	Mínimo	Média	Máximo	Mínimo	Média	Máximo	Mínimo	Média
25/mar	89,77	75,83	83,79	90,89	76,89	83,12	90,14	65,07	77,37	95,00	72,00	82,59
26/mar	91,30	66,23	84,82	93,16	66,06	86,34	92,05	58,35	83,44	94,00	58,00	82,60
27/mar	92,00	72,37	86,03	93,47	68,42	85,29	92,65	58,48	80,44	94,00	51,00	78,56
28/mar	91,26	71,18	83,48	93,83	66,85	83,30	91,65	56,83	78,87	93,00	57,00	75,52
29/mar	89,48	59,35	85,12	91,00	53,69	76,30	90,13	52,06	73,01	93,00	44,00	69,62
30/mar	83,68	60,26	74,10	85,40	58,85	74,30	85,15	47,82	71,09	91,00	46,00	68,36
31/mar	87,42	61,02	75,93	88,53	58,80	76,69	89,26	52,13	71,62	89,00	49,00	69,20
01/abr	85,98	64,02	77,28	89,25	62,25	77,72	86,16	53,90	73,58	89,00	50,00	71,84
02/abr	87,02	66,38	80,15	88,85	65,89	81,36	89,02	53,99	77,19	92,00	52,00	76,28
03/abr	88,06	60,63	79,21	89,90	57,41	79,64	91,05	49,77	75,79	93,00	50,00	74,56
04/abr	84,64	64,87	75,59	86,46	64,56	75,84	85,60	60,11	73,16	92,00	63,00	74,83

Com essa tabela podemos observar que os dias com menor índice de umidade foram entre os dias 26/03 até 28/03 variando entre 89% até 93% se for verificados os três equipamentos, sendo que o a cozinha teve o maior índice de umidade máxima, quando é comparada com as umidades dos equipamentos 2 e 3, tornando o local com uma sensação térmica desagradável.

Quando é analisado as umidades mínimas, os índices dos dias obtiveram a variação de 47% até aproximadamente 76%, analisando os índices de diferença de todos os equipamentos. Quando comparamos esses valores aos valores do INMET que variam entre 44% até 72%, podemos observar que a diferença de umidade

externa e a interna da residência chega a um ápice de 3% pra mais ou pra menos, porém a parte externa da residência tem seu âmbito de precipitação em 100%, enquanto a edificação há barreiras todas, como as vedações e a cobertura.

Portanto, podemos dizer que a umidade teve diferença considerável, já que a capacidade de obtenção de umidade foi alta na parte interna tornando a sensação térmica inviável no período de análise.

Tabela 5. Valores máximos gerais de temperatura e umidade

Medidas	TEMPERATURA				UMIDADE			
	E1	E2	E3	INMET	E1	E2	E3	INMET
Máxima	32,72	33,68	36,84	35,00	92	94	93	94
Mínima	23,40	23,59	23,76	22,30	59	54	48	44
Média	27,79	27,73	28,66	26,90	80	80	76	77

Na tabela 5 temos os dados que foram encontrados de modo geral como o valor máximo, mínimo e médio de todas os 4752 dados encontrados através de coleta dos 3 aparelhos mais os 264 dados dos INMET obtidos pela coleta de dados de estações totais.

Tabela 6. Valores médios nos períodos diurnos e noturnos.

Datas	E1		E2		E3		INMET	
	Medias Diurnas	Medias Noturnas	Medias Diurnas	Medias Noturnas	Medias Diurnas	Medias Noturnas	Medias Diurnas	Medias Noturnas
25/mar	27,23	25,58	27,12	25,28	29,05	25,43	24,00	22,75
26/mar	26,49	25,07	26,33	24,74	27,42	25,09	24,35	22,11
27/mar	26,19	26,20	26,41	26,26	27,87	26,96	25,48	22,84
28/mar	26,45	26,90	26,34	27,12	27,67	27,89	25,33	24,17
29/mar	27,84	28,18	27,67	28,46	28,91	29,23	27,46	25,17
30/mar	28,13	28,53	28,93	28,86	29,23	29,00	26,85	25,51
31/mar	28,75	29,01	28,46	29,15	29,82	30,02	27,28	25,53
01/abr	28,09	27,99	27,79	28,14	29,34	28,78	25,42	24,01
02/abr	28,24	27,43	27,57	27,52	28,86	28,15	26,39	24,68
03/abr	27,90	27,09	27,75	27,82	28,54	28,50	25,74	24,58
04/abr	27,64	26,85	27,56	27,27	28,70	27,41	24,68	22,55

Foi realizada as medias diurnas e noturnas, onde as variações diurnas foi de 6:00 as 18:00 e a noturna foi de 18:00 as 06:00, sendo assim respectivamente 12

horas para cada variação. Com isso temos as variações de temperaturas quando há a mudança do período diurno para o noturno, os valores estão expressos na tabela 7.

Tabela 7. Variação de temperatura diurnas e noturnas.

Datas	Diferença de Diurno e Noturno						
	E1	E2	E3	INMET	E3-E1	E3-E2	E2-E1
25/mar	1,65	1,84	3,62	1,25	1,97	1,78	0,19
26/mar	1,42	1,60	2,33	2,24	0,91	0,74	0,17
27/mar	-0,01	0,15	0,90	2,65	0,91	0,75	0,16
28/mar	-0,45	-0,78	-0,21	1,16	0,24	0,57	-0,33
29/mar	-0,34	-0,79	-0,32	2,29	0,02	0,47	-0,45
30/mar	-0,40	0,07	0,23	1,34	0,63	0,16	0,47
31/mar	-0,26	-0,69	-0,20	1,74	0,07	0,50	-0,43
01/abr	0,09	-0,35	0,56	1,41	0,47	0,91	-0,44
02/abr	0,81	0,06	0,71	1,71	-0,10	0,65	-0,75
03/abr	0,81	-0,08	0,04	1,16	-0,77	0,12	-0,89
04/abr	0,78	0,29	1,29	2,13	0,51	1,00	-0,49

As colunas E1; E2; E3 e INMET são as diferenças de medias diurnas e noturnas mostradas na tabela 6, para assim observar quanto foi a variação de temperatura após o por do sol, sendo assim foi feita a media noturna menos a media diurna. As colunas de E3-E1; E3-E e E2-E1 são as variações dos diferenciados entre os aparelhos, para observar qual foi o cômodo com a melhor variação térmica

Analisando os dados da tabela 7 e observando os dias que foram considerados mais quentes de acordo com a tabela 3, nas datas entre 29/03 a 31/03, a variação de temperatura subiu 0,26° C até 0,45°C do período diurno para o noturno. Portanto, podemos definir que o fator temperatura aumentou mesmo com o por do sol, porém os valores não chegaram a 1°C de diferença.

Já nos dias considerados com temperaturas menores, a variação de temperatura diurna para noturna foram todas muitas altas, chegando ate as 3,62°C.

Com isso temos definimos que mesmo com um dia quente e a umidade baixa a variação de temperatura não passou de 1°C com a mudança de turnos, nos dias com umidade relativa alta a temperatura variou bastante, ou seja, a compensação térmica após o por do sol tem relação direta com a umidade.

As variações de equipamentos demonstram que a diferença resultou que o equipamento E3 teve uma variação maior, quando relacionado a mudança de turnos. O cômodo situado este equipamento é a cozinha, onde a ventilação é menor,



por isso a umidade nesse local tem pouca movimentação e com isso tem uma variação de temperatura mais alta com o pôr do sol.

Porem, quando comparados com os dados INMET os valores internos são maiores, mostrando assim que a viabilidade de conforto diurno para noturno teria que ser revista, pois a mudança de sensação térmica interna para externa é demorada.

Para a análise de ventilação cruzada a NBR 15.220 Desempenho Térmico em Edificações mostra que a modelo de análise de ventilação pelo modelos de abertura. Para isso analisamos os tamanho de abertura de acordo com o modelo proposto pela NBR. De acordo com o Anexo C da NBR que as aberturas para ventilação tem que ter entre 10% ate 40% da área de piso. Como a área estudada é de 62,81 m<sup>2</sup>, as aberturas todas para ventilação necessário devem ter no mínimo 6,28 m<sup>2</sup> totais. Observando a planta da casa no pavimento térreo a abertura de porta frontal e porta de fundo já tem 11,7 m<sup>2</sup>, com essa medida a abertura chegam a 18,63% de aberturas, sendo classificadas com valores na media para aberturas necessárias.

## 5 CONCLUSÃO

A finalidade do estudo tem como principal fator viabilizar a qualidade higrotérmica da residência, tendo em vista ser realizada uma construção que foi projetada e executada para ter uma qualidade temperatura e acústica melhores que o modelo tradicional

Durante o processo de estudos, os dias foram bastante satisfatórios, pois houve períodos com temperaturas altas, baixas, teores de umidade alto e baixos, dias chuvosos e dias claros e secos. Os dados obtidos nos deram informações que definem o modelo construtivo como parcialmente viável, sabendo que a análise está se baseando em qualidade do conforto térmico.

Observando os dias com umidade alta a temperatura interna estava mais agradável quando comparadas com a temperatura externa da residência, ou seja, a variação de temperatura e inversamente proporcional a umidade, quando correlacionada a parte interna, porém para o fator de sensação térmica a residência mostrou-se ainda com problemas.

Nos dias de precipitação de chuva, com a queda de temperatura externa a temperatura interna manteve a temperatura por um período e houve novamente mais uma queda na temperatura. Deste modo, podemos dizer que esse modelo construtivo pode se adequar de acordo com a temperatura externa, quando olhamos as mudanças internas de diurnas e noturnas a temperatura interna não acompanhou a temperatura externa. O calor interno não estava em total troca com a parte externa.

Com o controle de ventilação e com os resultados obtidos temos que a variação de temperatura ocorreu de forma parcial entre parte interna e externa da residência. O estudo foi realizado quando a edificação não tinha sido totalmente executada, portanto os valores encontrados podem ser satisfatórios em outro estudo.

Observando então o clima geral de Palmas, podemos dizer que o modelo construtivo usado é parcialmente viável para uma qualidade térmica e quanto a ventilação escolhida.

Se observado o projeto arquitetônico a dois tipos de ventilação usada, o modelo de ventilação cruzada, em que o vento frio entra pela fachada frontal e sai pela fachada de fundo ou vice-versa, e temos a ventilação em chaminé, onde a ventilação sobe pelas escadas e sai por aberturas feitas no pavimento superior.

Como a análise é realizada apenas no pavimento térreo foi levada em consideração apenas a ventilação cruzada.

Considerando as análises de dados e os padrões encontrados, todas as variações realizadas e assertivas detalhadas, podemos finalizar esse estudo como uma viabilidade higrotérmica parcialmente eficaz, visando o modelo construtivo e os índices encontrados.

Como a construção ainda está em fase de acabamento, podemos mencionar que se esse estudo for realizado após o termino da construção a viabilidade pode ser ainda melhor.

## REFERÊNCIAS

ABNT 15.575. **Guia para arquitetos na aplicação da Norma de Desempenho.**

Disponível em: <[http://www.caubr.gov.br/wp-content/uploads/2015/09/2\\_guia\\_normas\\_final.pdf](http://www.caubr.gov.br/wp-content/uploads/2015/09/2_guia_normas_final.pdf)>. Acesso em 26 de abril 2018.

AYNSLEY, RM.; MELBOURN W.; VICKERY B.J. **Architectural Aerodynamics.**

Applied Science Publishers, London, 1977.

CAIXA. **Selo Casa Azul:** Boas Práticas para Habitação mais Sustentável. São Paulo: Páginas & Letras, 2010. 204 p.

CAMARA BRASILEIRA DA INDUSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Avaliação do conforto térmico.** p. 12.

EFTEKHARI, M.M. MARJANOVIC, L. D.; PINNOCK, D. J. Air flow distribution in and around a single-sided naturally ventilated room. **Building and Environment**, London, v.38, p. 389-397, 2001.

FROTA, Anesia Barros; SCHIFFER, Sueli Ramos. **Manual de Conforto Térmico**, Editora Nobel, 1995.

GIVONI, Baruch. **Climate Considerations in Building and Urban Design.** New York: Van Nostrand Reinhold, 1998.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Relevo e Clima:** O clima brasileiro. 2015. Disponível em: <<http://7a12.ibge.gov.br/pt/vamos-conhecer-o-brasil/nosso-territorio/relevo-e-clima>>. Acesso em 23 de abril de 2018.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Clima:** O que é clima. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=>>>. Acesso em 23 de abril de 2018.

MOREIRA, Debora S.; TEIXEIRA, Jonas N. **O Conforto térmico na perspectiva da Climatologia Geográfica**, 2012

NARDIN, João Paulo. **Climas do Brasil** – CEAP.

NBR 15.220: **DESEMPENHO TÉRMICO DE EDIFICAÇÕES**, Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social.

NBR 15.575: **EDIFICAÇÕES HABITACIONAIS — DESEMPENHO**.

ROMERO, Marta Adriana Bustos. **Princípios bioclimáticos para o desenho urbano**. 2ª ed. São Paulo: Pro E, 2000.

PEREIRA, Mateus. **Artigo Ventilação cruzada? Efeito chaminé? Entenda alguns conceitos de ventilação natural**. Disponível em: <  
[https://www.archdaily.com.br/br/886541/ventilacao-cruzada-efeito-chamine-entenda-  
 alguns-conceitos-de-ventilacao-natural](https://www.archdaily.com.br/br/886541/ventilacao-cruzada-efeito-chamine-entenda-alguns-conceitos-de-ventilacao-natural)>. Acesso em 11 de maio de 2018.

SANTIAGO, Alexandre Kokke; Arlene; SARMANHO, Maria Freitas; DE CRASTO, Renata C. Moraes - INSTITUTO BRASILEIRO DE SIDERÚRGICA E CENTRO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO EM AÇO. **Manual de Construção em Aço - Steel Framing: Arquitetura**, p. 14; 80-90, 2012.

SILVA, N. R. **Avaliação do conforto térmico**. 2008. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Segurança do Trabalho) – Universidade Santa Cecília, Santos. Disponível em: Acesso em: 16 março 2018.

SORRE, M. Objeto e método da climatologia. **Revista do Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo**, Tradução de José Bueno Conti, São Paulo, n.18, p. 89-94, 2006.

TEIXERA, Luís Fernando C. **A formação de Palmas**. Editora Revista UFG, 2009.

TOCANTINS (Estado). Secretaria de Planejamento – SEPLAN. **Atlas do Tocantins**. 6. Ed. Palmas, 2012.

VAN LENGEN, Johan. **Manual do arquiteto descalço**. 1ª ed. São Paulo: B4 Editores, 2014. p.46-53.

YIN, Robert K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.

## CopySpider Scholar

## Documentos candidatos

[archdaily.com.br/br/...](#) [2,93%]

[recriarcomvoce.com.br/...](#)  
[2,28%]

[dca.ufcg.edu.br/posg...](#)  
[0,53%]

[cran.r-project.org/d...](#) [0,2%]

[docplayer.com.br/794...](#)  
[0,17%]

[congressodoalgodao.c...](#)  
[0,07%]

[youtube.com/channel/...](#) [0%]

Arquivo de entrada: [2019-2 TCC2 JOSILSON MARINHO CORREIA.pdf](#) (7896 termos)

Arquivo encontrado		Total de termos	Termos comuns	Similaridade (%)	
<a href="#">archdaily.com.br/br/...</a>	Visualizar	1427	266	2,93	
<a href="#">recriarcomvoce.com.br/...</a>	Visualizar	1986	221	2,28	
<a href="#">dca.ufcg.edu.br/posg...</a>	Visualizar	8057	85	0,53	
<a href="#">cran.r-project.org/d...</a>	Visualizar	3710	24	0,2	
<a href="#">docplayer.com.br/794...</a>	Visualizar	4007	21	0,17	
<a href="#">congressodoalgodao.c...</a>	Visualizar	643	6	0,07	
<a href="#">br.pinterest.com/pin...</a>	-	-	-	-	Conversão falhou
<a href="#">cajamar.es/pdf/bd/ag...</a>	-	-	-	-	Conversão falhou
<a href="#">youtube.com/channel/...</a>	Visualizar	14	0	0	
<a href="#">cnj.jus.br/wp-conten...</a>	-	-	-	-	Conversão falhou