



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

COMUNIDADE EVANGÉLICA LUTERANA "SÃO PAULO"
Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 3.607 - D.O.U. nº 202 de 20/10/2005

Hider Cordeiro de Moraes

AVALIAÇÃO DA APLICABILIDADE DA NORMA ABNT NBR 15575/2013 EM UMA
EDIFICAÇÃO NO MUNICÍPIO DE PALMAS – TO

Palmas - TO
2017



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

COMUNIDADE EVANGÉLICA LUTERANA "SÃO PAULO"
Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 3.607 - D.O.U. nº 202 de 20/10/2005

Hider Cordeiro de Moraes

**AVALIAÇÃO DA APLICABILIDADE DA NORMA ABNT NBR 15575/2013 EM UMA
EDIFICAÇÃO NO MUNICÍPIO DE PALMAS – TO**

Projeto apresentado como requisito da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) do curso de Engenharia Civil, orientado pelo Professor Msc. Murilo Marcolini.

Palmas - TO
2017



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

COMUNIDADE EVANGÉLICA LUTERANA "SÃO PAULO"
Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 3.607 - D.O.U. nº 202 de 20/10/2005

Hider Cordeiro de Moraes

ESTUDO E AVALIAÇÃO DA APLICABILIDADE DA NORMA ABNT NBR 15575/2013 EM UMA EDIFICAÇÃO NO MUNICÍPIO DE PALMAS – TO

Projeto apresentado como requisito
da disciplina TCC II do Curso de
Engenharia Civil, orientado pelo
Professor Msc. Murilo Marcolini

Aprovada em 26 de Maio de 2017 Nota: _____

BANCA EXAMINADORA

Professor Orientador Msc. Murilo Marcolini
Centro Universitário Luterano de Palmas

Professora Esp. Taila Alves Cabral Brito
Centro Universitário Luterano de Palmas

Professor Msc. Fabrício Machado Silva
Instituto Federal do Tocantins

Palmas -TO
2017

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus antes de tudo.

Ao Ceulp/Ulbra pela oportunidade de estudo.

Ao meu orientador Professor Murilo Marcolini, pela paciência, ensinamentos e compreensão.

Á todos professores e colaboradores do Curso de Engenharia Civil do Ceulp/Ulbra, que contribuíram com suas experiências para esse trabalho.

Aos meus grandes amigos que me apoiaram e compartilharam momentos bons e ruins, durante essa graduação.

Aos amigos de luta Wallace Porcão, Ygor Freitas, Drº Raphael Simões, Ivacy Júnior, Caio Araújo e Thiago Fernandes.

À toda minha família que sempre me incentivou nos estudos.

Aos meus sogros (Marilson) e sogra (Evani) que sempre me incentivaram para que desse continuidade na minha vida acadêmica.

Aos meus pais, que nunca deixaram eu desistir de qualquer sonho.

Meus irmãos, Daniel e Hyuri pelo incentivo.

A minha mulher Daphynni Carolinne, Engenheira, pelo apoio e estímulo gerado para execução desse trabalho.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram no desenvolvimento deste trabalho que foi tão difícil e que me trouxe amadurecimento profissional e pessoal.

O temor do Senhor é o princípio da sabedoria; Todos os que cumprem os seus preceitos revelam bom senso. Ele será louvado para sempre! Salmo 111:10

RESUMO

MORAIS, Hider Cordeiro. **Estudo e avaliação da aplicabilidade da norma ABNT NBR 15575/2013 em uma edificação no município de Palmas – TO.** 2017. 75f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas/TO, 2017.

Diante da necessidade de assegurar ambientes que estejam alinhados aos requisitos dos usuários, interpretados a partir das exigências de segurança e conforto, a Norma ABNT NBR 15575/2013 surge com o objetivo de suprir e materializar tais necessidades através de requisitos mínimos a serem atendidos na execução de empreendimentos da construção civil. Nesta ótica, alinhado à realidade da cidade de Palmas – TO e o registro de altas temperaturas durante todo ano, este trabalho tem o objetivo de estudar e analisar o desempenho térmico à luz da norma de desempenho através de um estudo de caso. Os resultados encontrados, caracterizaram para a unidade estudada, o atendimento parcial dos requisitos e critérios contidos na referida norma, sugerem e evidenciam a necessidade de uma revisão deste arcabouço normativo, na medida em que embora para resultados positivos, revela-se temperaturas internas maiores que temperaturas externas na maior parte do dia de medição. Neste sentido, a contribuição do estudo é caracterizada, não somente por classificar o ambiente estudado, mas acima de tudo, de compreender os requisitos e critérios atribuídos e a partir desta compreensão inferir-se sobre sua aplicabilidade e a necessidade de adequá-los para que assim seja possível um atendimento e à leitura mais próxima da realidade das verdadeiras necessidades dos usuários.

Palavras-chave: conforto térmico; NBR 15575/2013; instrumentação térmica; medição in-loco.

MORAIS, Hider Cordeiro. **Study and evaluation of the applicability of the standard ABNT NBR 15575/2013 in a building in the Municipality of Palmas - TO.** 2017. 75f. Course Completion Work (Undergraduate) - Civil Engineering Course, Lutheran University Center of Palmas, Palmas / TO, 2017.

Due to the need to ensure environments that are aligned with the requirements of the users, interpreted from the requirements of safety and comfort, the ABNT Standard NBR 15575/2013 arises with the objective of supplying and materializing such needs through minimum requirements to be met in the execution Of construction projects. In this perspective, aligned to the reality of the city of Palmas - TO and the record of high temperatures throughout the year, this work has the objective of studying and analyzing the thermal performance in light of the performance standard through a case study. The results found, characterized for the unit studied, the partial fulfillment of the requirements and criteria contained in the mentioned norm, suggest and evidence the need for a revision of this normative framework, inasmuch as for positive results, internal temperatures higher than Temperatures for most of the measurement day. In this sense, the contribution of the study is characterized, not only to classify the studied environment, but above all, to understand the requirements and criteria assigned and from this understanding to infer about its applicability and the need to adapt them so that So it is possible to attend and read the reality of the real needs of users.

Keywords: thermal comfort; NBR 15575/2013; Thermal instrumentation; In-place measurement.

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1: Desempenho com e sem manutenção	19
Figura 2: Mapa das Zonas Bioclimáticas Brasileiras	26
Figura 3: Localização do edifício X.....	38
Figura 4: Localização do edifício X.....	39
Figura 5 – Planta Baixa – Pavimento Tipo	40
Figura 6 - Planta Baixa – Apartamento	41
Figura 7 – Identificação da unidade de estudo	42
Figura 8: Montagem do Equipamento	43
Figura 9: Equipamento no local do experimento	44
Figura 10 – Data Logger U12-013.....	44
Figura 11 - Data Logger UA-001-64	45
Figura 12 – Análise da temperatura externa à sombra.....	46
Figura 13 – Tijolo utilizado do Edifício	49
Figura 14 - Configuração geométrica do sistema de vedação interna e externa do Edifício X.....	49

LISTAS DE TABELAS

Tabela 1: Vida Útil de Projeto mínima e superior (VUP).....	17
Tabela 2: Aberturas para ventilação e sombreamento das aberturas para a Zona Bioclimática 7.....	24
Tabela 3 - Tipos de vedações externas para a Zona Bioclimática 7.....	25
Tabela 4 - Estratégias de condicionamento térmico passivo para a Zona Bioclimática 7.....	25
Tabela 5 – Valores máximos admitidos para a transmitância térmica de paredes externas.....	33
Tabela 6 – Valores mínimos admitidos para a Capacidade Térmica de Paredes Externas.....	34
Tabela 7 – Área mínima de ventilação em dormitórios e salas de estar.....	35
Tabela 8 – Critérios e níveis de desempenho de coberturas quanto à transmitância térmica.....	36
Tabela 9 – Critério de avaliação de desempenho térmico para condições de verão	37
Tabela 10 – Aberturas para ventilação.....	51
Tabela 11 - Aberturas para ventilação - resumo resultados	51
Tabela 12 - Valores mínimos, máximos, médios e amplitudes aferidos para Temperatura, considerando os três dias de Coleta (26 a 29/04)	53
Tabela 13 - Valores mínimos, máximos, médios e amplitudes aferidos para Temperatura, considerando o último dia de Coleta	57
Tabela 14 – Temperaturas máximas e um comparativo entre todos os sensores. ...	58

Tabela 15 – desempenho térmico – Procedimento 2 (Medição in loco) – Resultados

.....59

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Transmitância térmica, capacidade térmica e atraso térmico para tijolo de 6 furos.....	48
Quadro 2 – Transmitância térmica, capacidade térmica e atraso térmico para algumas coberturas	52

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Variação de temperatura em todos os sensores durante os três dias de medição	55
Gráfico 2 - Variação de temperatura em todos os sensores durante o último dia de medição	56

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	3
2.	OBJETIVOS	7
2.1.	Objetivos Gerais	7
2.1.1.	Objetivos Específicos	7
3.	JUSTIFICATIVA	8
4.	PROBLEMA	10
5.	HIPÓTESE	12
6.	REFERENCIAL TEÓRICO	13
6.1.	O CONCEITO DE DESEMPENHO NA CONSTRUÇÃO CIVIL	13
6.1.1.	Evolução Histórica do Conceito de Desempenho no Brasil	13
6.1.2.	Desempenho: Exigências dos Usuários e Condições de Uso e Exposição	15
6.1.3.	Vida Útil	16
6.1.4.	Prazo de Garantia	20
6.1.5.	Desempenho Térmico	21
6.1.5.1.	Conforto Térmico	22
6.1.5.2.	Zoneamento Bioclimático Brasileiro	23
6.2.	A NORMA BRASILEIRA DE DESEMPENHO – ABNT NBR 15575/2013 26	
6.2.1.	A Norma de Desempenho	26
6.2.1.1.	ABNT NBR 15575-1:2013 – Parte 1: Requisitos Gerais	27
6.2.1.2.	ABNT NBR 15575-2:2013 – Parte 2: Requisitos para os sistemas estruturais	27
6.2.1.3.	ABNT NBR 15575-3:2013 – Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos 28	
6.2.1.4.	ABNT NBR 15575-4:2013 – Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas - SVVIE	28
6.2.1.5.	ABNT NBR 15575-5:2013 – Parte 5: Requisitos para os sistemas de coberturas	28
6.2.1.6.	ABNT NBR 15575-6:2013 – Parte 6: Requisitos para os sistemas hidrossanitários	29
7.	METODOLOGIA	30
7.1.	Desempenho Térmico: Método de Avaliação – NBR 15575	30

7.1.1.	Desempenho Térmico – Método Simplificado.....	32
7.1.1.1.	Sistemas de Vedações Verticais Interna e Externas - SVVIE.....	32
7.1.1.2.	Sistemas de Coberturas	36
7.1.2.	Desempenho térmico - Procedimento 2 (Medição in loco).....	37
7.2.	Caracterização do Edifício Estudado.....	38
7.3.	Levantamento de Dados	42
8.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
8.1.	Avaliação do Desempenho Térmico – Método Simplificado.....	47
8.1.1.	Sistemas de Vedações Verticais Interna e Externas - SVVIE	47
8.1.1.1.	Transmitância térmica e Capacidade térmica de paredes externas 47	
8.1.1.2.	Aberturas para ventilação	50
8.1.2.	Sistemas de Cobertura	52
8.2.	Procedimento 2 – Medição in loco	53
9.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	60
10.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62

1. INTRODUÇÃO

Diante do recente cenário da economia brasileira, com o aumento considerável do Produto Interno Bruto e conseqüentemente com um aumento nos níveis de emprego e renda da população brasileira, o setor da construção civil obteve um papel de destaque nesta realidade, contribuindo com a consolidação do ciclo de crescimento e desenvolvimento do Brasil, podendo novamente contribuir com a retomada do ciclo ora promissor a depender também das políticas econômicas a serem implementadas pelo governo brasileiro.

Os fatores que alavancaram o cenário favorável da economia brasileira, podem ser facilmente encontrados na literatura, como: superávit primário, taxa de juros, economia internacional (ambiente externo favorável), entre outros. Tais fatores combinados proporcionaram uma estabilidade econômica ao Brasil, que por sua vez, através de uma política social buscou priorizar alguns setores específicos da economia, buscando assim, diminuir as desigualdades do país. Neste sentido, um olhar atencioso a indústria da construção civil foi lançada, num primeiro momento no intuito da geração de emprego e renda e no plano paralelo, com o objetivo de sanar as disparidades quanto ao déficit habitacional. A construção civil foi amplamente beneficiada até mesmo em razão das baixas taxas de juros adotadas pelo país, o que favorece os financiamentos de logo prazo, como é o caso do financiamento da casa própria, vinculado é claro ao crédito imobiliário disponibilizado através de diversas fontes de financiamento, cada vez mais acessíveis a todas as classes sociais, sobretudo a classe com renda mais baixa, com destaque inclusive a programas específicos com subsídios do governo como é o caso do Programa Minha Casa Minha Vida.

Tais programas tem contribuído com a redução do déficit habitacional que segundo os dados de 2010¹ aponta uma carência de 6,490 milhões de unidades, o que correspondente a 12,1% dos domicílios do país. Nesse caso, os dados, como pode-se supor, referem-se à população de baixa renda, já que as classes mais favorecidas sempre foram contempladas pelas construtoras, incorporadoras e bancos de financiamento. A solução encontrada pelo Governo para contornar o problema do

¹ Fundação João Pinheiro. Centro de Estatística e Informações Déficit habitacional municipal no Brasil. / Fundação João Pinheiro. Centro de Estatística e Informações – Belo Horizonte, 2013.

déficit habitacional foi o investimento em programas sociais, com prioridade no atendimento às famílias de baixa renda com até três salários mínimos, a estratégia está baseada na concessão de subsídios com recursos do Fundo de Garantia por Tempo de Serviço (FGTS) além do próprio orçamento da União. Além disso, em razão da estabilidade da economia, o país viu o surgimento de uma nova classe média também carente dos investimentos em habitação, que por sua vez foram contemplados com a ampliação da produção habitacional, impulsionado com a criação de um novo mercado imobiliário exclusivo para esta nova faixa de renda da população brasileira. Em outras palavras, o que se viu foi um efeito *dominó*, caracterizado pela ampliação do crédito, estabilidade da economia, aumento de renda da população e a inserção de novos agentes no processo de produção habitacional como: associações comunitárias, cooperativas, fundações e agentes financeiros (BRASIL, 2010).

A equação quanto ao déficit habitacional, pode ser facilmente determinada em relação ao investimento no setor da construção civil e conseqüentemente em relação à necessidade de construção de unidades habitacionais que venham de encontro à necessidade da população brasileira, sobretudo a de baixa renda. Independente do modelo e das características destas unidades, sejam para população de baixa ou unidades de padrões mais elevados, é necessário, tanto para o governo, quanto para os agentes envolvidos nos processos construtivos, um olhar atento, que deve ser considerado fundamental nos processos construtivos: a qualidade e o desempenho mínimo requerido para tais habitações. É necessário resolver o déficit habitacional, mas é necessário sobretudo, resolvê-lo de forma técnica, atendendo a padrões mínimos de exigências que devem ser considerados em todo os processos construtivo. Para Borges (2008):

Algumas questões precisam ser discutidas e respondidas, como por exemplo, qual é a vida útil adequada para as habitações, qual é o nível de patologias e a quantidade de defeitos no imóveis podem ser aceitas pelos usuários, quais são as dimensões mínimas dos ambientes construídos, quais custos de manutenção podem ser absorvidos pelos usuários na pós-obra, qual é o desempenho acústico mínimo de um determinado ambiente, quais são os requisitos ambientais para uma construção sustentável, entre outras (BORGES, 2008, p. 19).

Diante dessa necessidade, a norma ABNT NBR 15575/2013 estabelece os requisitos e critérios de desempenho. Mesmo diante de controvérsias quanto à sua

aplicabilidade sobre pontos específicos (Sorgato, et al (2012), Grigoletti e Sattler (2010), Loura, Assis e Bastos (2011), Brito *et al.* (2012), Oliveira, Souza e Silva (2013), Marques e Chvatal (2013), Sorgato, Melo e Lamberts (2013)), a norma tem caráter de obrigatoriedade, devendo serem cumpridos todos os seus requisitos a partir de sua entrada em vigor (julho de 2013).

Na construção civil, mais especificamente na brasileira, a experiência pela falta de requisitos mínimos, mostra uma série desastrosa de patologias e acidentes ocasionados pela falta de critérios e parâmetros mínimos de exigências. Esta conta, geralmente está equacionada pela busca de redução de custos e conseqüentemente pelo uso de materiais e métodos de baixa qualidade, o que conseqüentemente tem contribuído para a ocorrência inclusive de sinistros devido ao uso inadequado de materiais não aptos para uso nas construções.

Os consumidores, ao recebimento de uma edificação, não avaliam a edificação com critérios técnicos como na maioria dos demais produtos de consumo, avaliam apenas por critérios estéticos e de simples funcionalidade, pois nos caso de obras, as patologias quando não imediatas à entrega da obra, demoram um certo período até o seu aparecimento. Para Borges (2008):

Os consumidores, de modo geral, quando adquirem bens de consumo como eletrodomésticos, lâmpadas, móveis, vestuários e outros de compra repetitiva, avaliam intuitivamente o desempenho destes produtos e vão acumulando experiência e conhecimento através de “erros e acertos” para que, na próxima compra, façam uma melhor escolha. Normalmente não se compra duas vezes um produto ou uma marca que não atendeu as expectativas do consumidor, que durou pouco ou que apresentou problemas de funcionamento de tempo escasso. No caso de imóveis, especialmente para a população de baixa renda, há duas situações que não permitem ao consumidor avaliar o desempenho do produto por repetição de compra. A mais óbvia é que o consumidor provavelmente não comprará outro imóvel ao longo de sua vida e, portanto, não terá condições de comparar dois produtos; a segunda é que ele não possui informações, conhecimento e nem cultura para avaliar se o desempenho do bem que recebeu é bom ou ruim. Se para a população mais favorecida economicamente já é difícil avaliar o desempenho de um imóvel, imagine para a população de baixa renda, normalmente formada por pessoas mais humildes, que não tiveram acesso a estudo e não receberam nenhum tipo de orientação para saber o que é aceitável e o que é não aceitável no comportamento do imóvel (BORGES, 2008, p. 20).

Daí a importância da normatização e a interferência do governo e agentes financiadores, no intuito de garantir que padrões mínimos sejam atendidos, resguardando sempre o interesse da população.

Segundo a ABNT NBR 15575/2013, desempenho diz respeito ao comportamento em uso de uma edificação e de seus sistemas, e a forma do seu estabelecimento é dada por meio da definição clara de requisitos (qualitativos), critérios (quantitativos ou premissas) e métodos de avaliação, os quais sempre permitem a mensuração clara do seu atendimento. Neste sentido, a partir das definições do conjunto de requisitos e critérios, tem-se a demanda para o atendimento do padrão mínimo de desempenho, que por sua vez, deve estar em conexão com outros requisitos, inclusive de viabilidade técnico e econômica, além da conexão necessária com as partes envolvidas não somente na análise *in loco* da obra, mas com todo setor da construção civil, como: incorporadores, universidades, institutos de pesquisa, laboratórios, bancos de financiamentos, instituições públicas, etc. Ou seja, percebe-se que a aplicação da norma, embora esteja claramente esboçada através dos métodos especificados, nem sempre mostra-se como uma tarefa fácil, justamente por envolver agentes com interesses muitas vezes divergentes, incluindo nesta discussão fatores de caráter técnico, econômico e político.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivos Gerais

Com base nas discussões ora apresentadas e levando em consideração a importância da verificação do atendimento dos critérios e requisitos da NBR 15575/2013, além disso, considerando a temperatura um fator crítico quanto aos critérios de conforto e desempenho térmico, e tendo a cidade de Palmas uma alta temperatura média anual ($26^{\circ 2}$), o presente estudo tem por objetivo: à luz da norma NBR 15575/2013, analisar e avaliar o desempenho térmico de uma edificação no Município de Palmas - TO.

2.1.1. Objetivos Específicos

A partir da definição do objetivo geral do trabalho, tem-se por objetivos específicos:

- Realizar um estudo de revisão bibliográfica sobre os principais autores que tratam do tema desempenho térmico.
- Analisar os métodos de avaliação de desempenho térmico descrito pela NBR 15575.
- Discutir os resultados encontrados de desempenho térmico conforme método descrito.
- Avaliar a aplicabilidade da NBR 15575, no requisito conforto térmico a uma edificação no Município de Palmas-TO.

² Paz, 2009.

3. JUSTIFICATIVA

Para Frota & Schiffer (2001) a arquitetura deve servir-se a um único propósito: atender ao homem e à sua necessidade de conforto, o que neste caso, segundo o mesmo autor inclui o conforto térmico. O desempenho da atividade humana está atrelado às condições ao qual está submetido, tendo melhores condições de vida e saúde longe do ambiente exposto a fadiga ou estresse. Neste caso oferecer condições térmicas de acordo com a demanda de conforto térmico humano em ambientes de abrigo e independente das condições climáticas externas, são funções também da arquitetura.

No entanto, o que vem a ser conforto térmico? A definição do termo conforto térmico implica analisar uma série de variáveis técnicas (temperatura, umidade relativa, velocidade do ar e radiação solar incidente). Por sua vez, estas variáveis técnicas dependem e interagem com o regime de chuvas, vegetação, permeabilidade do solo, águas superficiais e subterrâneas, topografia, entre outras características locais e que por último, também interagem na presença humana, sendo, portanto, sua definição de caráter subjetivo a depender é claro das condições físicas do local em atender aos critérios, demandas e exigências do próprio usuário. Neste caso, a determinação destas condições internas, podem ser facilmente manipuladas através de um projeto, com previsão do uso de materiais específicos que possam garantir o atendimento das demandas especificadas para conforto do usuário. Assim, avaliar o desempenho térmico de uma edificação, é justamente inferir se as condições de projeto (condições da obra) estão em consonância ou não ao conjunto especificado de atendimento às exigências do usuário, sendo consideradas nesta realidade variáveis controláveis e que por sua vez interagem com as variáveis climáticas consideradas não controláveis. Tais condições, são dadas, para o caso do desempenho térmico, pela norma NBR 15575.

Frota & Schiffer (2001), ratifica tal pensamento, expressando a importância do projeto no atendimento dos critérios de conforto térmico:

Por outro lado, a intervenção humana, expressa no ato de construir seus espaços internos e externos, altera as condições climáticas locais, das quais, por sua vez, também depende a resposta térmica da edificação. O conhecimento das exigências humanas de conforto térmico e do clima, associado ao das características térmicas dos materiais e das premissas genéricas para o partido arquitetônico adequado a climas particulares, proporciona condições de projetar edifícios e espaços urbanos cuja resposta

térmica atenda às exigências de conforto térmico (FROTA & SCHIFFER, 2001, p. 15).

Neste cenário, e diante da constatação da dependência do desempenho térmico em relação aos fatores climatológicos, e sendo estes considerados variáveis não controláveis na equação, tem-se a realidade da cidade de Palmas, caracterizada pelo registro de altas temperaturas durante todo ano. Dessa forma, um olhar mais atencioso deve ser lançado sobre a região, com a exigência do atendimento de padrões para o desempenho térmico de edificações, tendo em vista os fatores climatológicos limitadores, sobretudo a temperatura ambiente. Neste caso, a solução, pode-se centrar num projeto integrado, que leve em consideração os padrões a serem atendidos quanto ao desempenho térmico das edificações, padrões estes determinados pela NBR 15575, indicando o uso de materiais e técnicas que possam ainda mais contribuir com o atendimento os requisitos mínimos de conforto térmico.

Assim, tem-se a questão do desempenho térmico e sua necessidade para a concepção de ambientes salubres e que estejam de acordo com a demanda dos usuários. Aliado a isso, a necessidade da verificação do desempenho térmico na cidade de Palmas, justamente pelas altas temperaturas registradas na cidade e portanto, sendo um fator limitante ao atendimento dos padrões mínimos de conforto térmico. E por último, tem-se a exigência do atendimento da Norma de desempenho que estabelece os critérios, condições e métodos para avaliação do desempenho térmico de edificações. Logo, a justificativa desse trabalho, passa necessariamente pela análise e atendimento do tripé elencado neste texto: conforto e desempenho térmico, o clima na cidade de Palmas como fator limitador ao atendimento dos padrões mínimos de exigência e por último o atendimento da própria norma de desempenho. Esta última, englobando os dois primeiros pontos, já que fornece os parâmetros necessários de conforto e desempenho térmico. Tendo assim, sido considerada de fundamental importância, já que pretende padronizar, fornecendo critérios mínimos para que assim, a avaliação dos empreendimentos possa ser de tal forma comparáveis de acordo com as exigências de atendimento fornecidos. Evitando assim, o surgimento de patologias, o não atendimento às demandas de usuários e até mesmo mortes devido a execução de projetos em desconformidades com os padrões exigidos.

4. PROBLEMA

Soluções arquitetônicas que levem consideração fatores de sustentabilidade em todas as fases de projeto tem sido amplamente discutido no meio acadêmico (FROTA & SCHIFFER, 2001). Esta preocupação se reflete no desejo de alcançar padrões de conforto ambiental inserido no contexto da preservação dos recursos naturais. Assim, a prática de projetar, deve incluir o enfoque no desempenho das edificações levando em consideração características materiais, culturas, econômicas climatológicas e ambientais (SORGATO, M, J.; MELO, A. P. e LAMBERTS, R., 2013).

Diante desta realidade, surge a necessidade cada vez mais crescente de se analisar o desempenho das soluções adotadas, com vista principalmente à adequação de tais produtos e técnicas inovadoras.

Neste cenário, o desempenho térmico tem sido amplamente discutido, justamente com a necessidade da adoção da medida que possa proporcionar a melhor configuração aos consumidores, permitindo uma condição de conforto e salubridade.

De posse da urgência na concepção de uma normatização que pudesse adequar e horizontalizar os índices de desempenho térmico para diferentes tipos de edificações, foi desenvolvido a primeira norma de desempenho térmico no Brasil, a NBR 15220/2005 que estabelece critérios de acordo com parâmetros adequados à realidade brasileira. Posteriormente, em razão, da limitação da primeira norma em atender somente edificações unifamiliares de interesse social, deu-se início ao processo de desenvolvimento da norma de desempenho para edificações residenciais, publicada em 2008 a NBR 15575, entrou em vigor em maio de 2012, estabelecendo requisitos mínimos de desempenho, vida útil e de garantia para os sistemas que compõem as edificações. Em 2012, diante de uma discussão corrente quanto à aplicabilidade desta última norma, e sob forte pressão do setor da construção civil, a norma foi revisada, sendo publicada sua versão final em fevereiro de 2013 com entrada em vigor a partir de julho de 2013 (SORGATO, M, J.; MELO, A. P. e LAMBERTS, R., 2013).

A partir da publicação da primeira versão da norma NBR 15575, houve no Brasil diversos estudos, com diferentes linhas de pesquisas, mas com um único objetivo: avaliar a adequabilidade da norma de desempenho para diferentes cenários. Os cenários variam desde o uso de diferentes tipos de materiais, até às diferentes

composições climatológicas no Brasil. Neste sentido, até mesmo em razão da recente atualização da norma (2012), desta vez mais abrangente, há uma discussão em vigor, sobre a aplicação dos parâmetros definidores da norma, embora ainda com poucos estudos realizados, já que a norma foi publicada em fevereiro de 2013 com entrada em vigor a partir de julho do mesmo ano. No trabalho de Sorgato, et al., (2012) foram levantadas sugestões e críticas para a NBR 15575, no quesito desempenho térmico das edificações. A principal crítica centra-se no método de análise de desempenho térmico por não fazer uso real da edificação sob análise e a não avaliação da influência da variação anual da temperatura no desempenho térmico da edificação. No trabalho de SORGATO, M, J.; MELO, A. P. e LAMBERTS, R., (2013), os autores mostraram que a aplicação da norma pode apresentar diferentes resultados, dependendo de como são configurados os dias típicos de verão e de inverno, o que não é previsto pela norma em estudo.

Diante de tais questionamentos, tendo em vista a importância de aplicação da norma de desempenho, surge o questionamento que se constitui também como ponto central do estudo: os critérios e métodos de determinação de desempenho térmico descritos pela norma NBR 15575/2013, estão e podem ser aplicados e atendidos no Município de Palmas-TO?

5. HIPÓTESE

Diante da constatação da dependência do desempenho térmico em relação aos fatores climatológicos, e sendo estes considerados variáveis não controláveis em modelos matemáticos tem-se a realidade da cidade de Palmas, caracterizada pelo registro de altas temperaturas durante todo ano. Dessa forma, um olhar mais atencioso deve ser lançado sobre a região, com a exigência do atendimento de padrões para o desempenho térmico de edificações, tendo em vista os fatores climatológicos limitadores, sobretudo a temperatura ambiente. Neste caso, a solução, pode-se centrar num projeto integrado, que leve em consideração os padrões a serem atendidos quanto ao desempenho térmico das edificações, padrões estes determinados pela NBR 15575, indicando o uso de materiais e técnicas que possam ainda mais contribuir com o atendimento os requisitos mínimos de conforto térmico.

6. REFERENCIAL TEÓRICO

6.1. O CONCEITO DE DESEMPENHO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

6.1.1. Evolução Histórica do Conceito de Desempenho no Brasil

A introdução do conceito de desempenho no país, além da própria influência externa se deu também por razões internas, que neste caso exerceram uma influência ainda maior, inclusive para o desenvolvimento de trabalhos posteriores que aprimoraram tal conceito. Como se sabe, o chamado Milagre Econômico Brasileiro deu-se na década de 70 e assim foi batizado em razão do forte crescimento da economia brasileira, o que por sua vez pôde proporcionar o desenvolvimento de setores específicos e estratégicos para continuidade do crescimento. Dentro desta ótica, a Construção Civil foi fortemente beneficiada através da oferta de recursos para financiamento do setor. Em razão disso, uma preocupação estava atrelada a necessidade de seu desenvolvimento, qual seja: inovação. Ou seja, havia uma preocupação por parte do governo em fornecer as ferramentas necessárias para que a construção civil pudesse avançar, por outro lado, tinha-se também a necessidade em desenvolver um setor de forma tecnológica, com uso de materiais apropriados, duráveis e que pudessem atender a um padrão mínimo de qualidade. A tradução disso, foi o surgimento de novos sistemas construtivos em substituição aos métodos convencionais, além de uma série de propostas de uso de novos materiais, até então, considerados como inovadores (BORGES, 2008).

Com isso, a principal consequência desses surgimentos de novos sistemas construtivos, diga-se consequências benéficas, foi a necessidade da implementação de estudos que pudessem avaliar e validar de forma técnica o uso e a qualidade ao longo do tempo, destes novos métodos a materiais utilizados, até então, utilizados sem qualquer restrição na construção civil.

Segundo Borges (2008) a consequência benéfica se traduziu posteriormente, já na década de 80, numa série de trabalhos sobre o tema desempenho na construção civil, tendo o Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, como a instituição de destaque de estudos sobre o tema com a publicação do relatório 16277 intitulado: Formulação de critérios para avaliação do desempenho de habitações – IPT (1981), além da contribuição dos trabalhos acadêmicos de Souza (1983), com a dissertação de mestrado intitulada: A contribuição do conceito de desempenho para a

avaliação do edifício e suas partes: aplicação às janelas de uso habitacional; dissertação de mestrado de Flauzino (1983): Durabilidade de materiais e componentes das edificações: metodologia e suas aplicações no caso de pinturas externas e chapas onduladas de plástico, e; também a dissertação de mestrado John (1987): Avaliação da durabilidade de materiais e componentes e edificações: emprego do índice de degradação.

Especificamente sobre o trabalho de IPT (1981), pode-se considerar como o primeiro documento que antecede uma norma regulamentadora, servindo-se para um caso específico inclusive como definidor dos parâmetros mínimos e máximos a serem atendidos no caso de financiamento para o Banco da Habitação, já que foi a própria instituição quem contratou o IPT, com o objetivo de solucionar os problemas oriundos do uso de técnicas e materiais inovadores ainda não submetidos a estudos de validação e, portanto, também sem obedecer a padrões mínimos de desempenho. Neste caso, pode-se assim considerar o primeiro trabalho específico a tratar de forma direta sobre o conceito de desempenho no país. O principal avanço do documento, que na verdade permanece até hoje como um marco, foi o estabelecimento de limites mínimos de exigência quanto a qualidade de determinado produto. A partir de sua publicação, sob forte influência do relatório, o país passou a estabelecer normas de caráter similar, que tinham o desempenho não mais avaliado a partir de parâmetros subjetivos e sim, com caráter prático, técnico e mensurável.

O primeiro passo neste processo se deu com a revisão da bibliografia nacional e internacional que tratava sobre o tema, em seguida, até mesmo com base na revisão efetivada, buscou-se definir as questões centrais responsáveis pelo delineamento do tema, como por exemplo, a existência de diferentes classes de edifícios e as diferentes necessidades de usuários. Só então, a partir de tais definições e com a Comissão de Estudos e Grupos de trabalhos já definidas é que se deu a discussão pública da norma, conforme metodologia definida pela própria ABNT. Por fim, após vencidos todos as etapas de discussão, em 12 de maio de 2008 foi publicada a norma de desempenho Brasileira. Após sua primeira publicação, a norma já passou por revisões, sendo por último, republicada sua versão que atualmente está em vigor desde de julho de 2013. O histórico e o conteúdo dessa norma serão discutidos em capítulo à frente.

6.1.2. Desempenho: Exigências dos Usuários e Condições de Uso e Exposição

A Norma NBR 15575-1, logo na Introdução, estabelece a prioridade na construção dos objetivos da norma, afirmando que os critérios de desempenho, atendem, única e exclusivamente às exigências dos usuários:

Normas de desempenho são estabelecidas buscando atender às exigências dos usuários, que, no caso desta Norma, referem-se a sistemas que compõem edificações habitacionais, independentemente dos seus materiais constituintes e do sistema construtivo utilizado.

O foco desta Norma está nas exigências dos usuários para o edifício habitacional e seus sistemas, quanto ao seu comportamento em uso e não na prescrição de como os sistemas são construídos (ABNT, 2013, p.3).

Neste sentido, percebe-se pelo menos dois desafios no atendimento dos critérios de desempenho elencados pela norma, o primeiro, diz respeito a necessidade de se decifrar de maneira objetiva quais as reais necessidades dos usuários, já que, como a própria norma afirma, os critérios devem atender às exigências dos proprietários dos imóveis, sendo portanto uma mensuração de caráter subjetivo, já que necessidades mudam de indivíduos para indivíduos, levando em consideração fatores temporais, regionais, socioeconômicos, psicológicos e até mesmo culturais. Além disso, o produto e a própria empresa podem interferir, já que a expectativa num determinado produto pode ser diferente a depender da marca, ou em outras palavras, quanto mais atuante no mercado, quanto mais credibilidade tiver a empresa, maiores serão as expectativas do consumidor. O segundo desafio, que também deve ser levado em consideração, são as condições de uso e exposição identificadas dentro de cada realidade de usuários, podendo variar assim, no contexto de uma mesma cidade, região ou país, ou ainda entre cidades, regiões ou países diferentes.

Assim, fica evidente o caráter qualitativo para os requisitos de desempenho, que por sua vez precisam ser expressos em termos quantitativos, através da aplicação de uma metodologia própria que assim possa exprimir e mensurar objetivamente tais critérios. Tal dificuldade também é identificada por Borges (2008) ao afirmar que:

A quantificação das necessidades dos usuários em critérios objetivos envolve pesquisas profundas sobre a resposta humana ao ambiente construído, e cobre diversas áreas da ciência, tais como a fisiologia, a psicologia, a sociologia, a antropologia, a ergonomia e as populações especiais. Os tipos

de necessidades são de caráter absoluto (mínimos aceitáveis) e de caráter relativo (níveis de satisfação e custos), e a definição dos critérios envolve muitos tópicos e aspectos físicos, funcionais, ambientais, financeiros, econômicos e sociais, entre outros. A duração do desempenho também é uma necessidade do usuário que tem expectativas quanto à vida útil e a durabilidade dos sistemas, elementos e componentes da edificação (BORGES, 2008, p. 43).

Para o caso das condições de uso e exposição, estas dizem respeito aos fatores externos com o qual a edificação será submetida, ou seja, trata-se dos agentes que atuam sobre a obra, tais fatores podem ser internos ou externos e de origem diversificada. O desempenho para a atuação de tais fatores deve ser previsto em projeto, determinando condições adequadas para atendimento do desempenho desejado. No caso do uso inadequado, fora dos padrões com o qual o edifício foi projetado, tem-se o risco de uma interferência direta quanto ao desempenho e conseqüentemente à vida útil do empreendimento. Inclui-se nesta avaliação a previsibilidade de manutenção tanto preventiva quanto corretiva das edificações, o que por sua vez, caso não atendidas também podem comprometer o desempenho projetado para a edificação.

6.1.3. Vida Útil

A vida útil na Construção Civil se concentra na análise temporal de desempenho de uma edificação, assim, a própria norma de desempenho define o termo como sendo: “A vida útil (service life) é uma medida temporal da durabilidade de um edifício ou de suas partes (sistemas complexos, do próprio sistema e de suas partes: subsistemas; elementos e componentes)”. Ou em outras palavras, a vida útil se refere ao período de tempo no qual, espera-se, conforme projetado, que a edificação mantenha padrões de desempenho mínimos desde que atendidos os objetivos para os quais a obra foi projetada.

A norma traz duas definições de vida útil, a primeira, diz respeito a Vida Útil (VU) verificada in loco, e a segunda a Vida Útil de Projeto (VUP), em que são considerados valores estimados de tempo em razão da projeção de projeto:

Vida Útil (VU): Período de tempo em que um edifício e/ou seus sistemas se prestam às atividades para as quais foram projetados e construídos considerando a periodicidade e correta execução dos processos de manutenção especificados no respectivo Manual de Uso, Operação e Manutenção. (A vida útil não pode ser confundida com prazo de garantia legal e certificada).

Vida Útil de Projeto (VUP): Período estimado de tempo para o qual um sistema é projetado a fim de atender aos requisitos de desempenho estabelecidos nesta norma, considerando o atendimento aos requisitos das normas aplicáveis, o estágio do conhecimento no momento do projeto e supondo o cumprimento da periodicidade e correta execução dos processos de manutenção especificados no respectivo Manual de Uso, Operação e Manutenção (a VUP não deve ser confundida com tempo de vida útil, durabilidade, prazo de garantia legal e certificada) (NBR 15575-1, p.10).

Para a Vida Útil de Projeto, a norma de desempenho, estabelece a necessidade de sua consideração em dois níveis: Mínimo e Superior, sendo óbvia a obrigatoriedade do atendimento do primeiro nível (mínimo). O estabelecimento do nível superior, ao contrário do que se dá em outros países, em que se considera somente o nível mínimo deixando para o mercado o estabelecimento de outros níveis, no Brasil e pela norma de desempenho optou-se por adotar este nível em razão de o mesmo servir como um balizador do que é possível de ser tecnicamente obtido; como estímulo à concorrência e à competição no mercado empreendedor; para caracterizar que existe a opção pela minimização de custos de operação e manutenção ao longo do tempo através de uma VUP maior, e; para induzir o mercado a buscar soluções de melhor custo-benefício além das que atendam à VUP mínima.

Neste sentido, a norma de desempenho traz ainda, na tabela 1, de forma objetiva os valores para cada nível de Vida Útil de Projeto, relacionando tais valores com os sistemas de edificação.

Tabela 1: Vida Útil de Projeto mínima e superior (VUP)

Sistema	VUP (anos)	
	Mínimo	Superior
Estruturas	≥ 50	≥ 75
Pisos Internos	≥ 13	≥ 20
Vedação Vertical Externa	≥ 40	≥ 60
Vedação Vertical Interna	≥ 20	≥ 30
Cobertura	≥ 20	≥ 30
Hidrossanitário	≥ 20	≥ 30

Fonte: ABNT, 2013a, p. 46.

Como é possível perceber, a norma estabelece para cada sistema da edificação valores distintos para Vida Útil de Projeto, neste caso, observe que para as partes passíveis de substituição a vida útil é menor, por outro lado, como no caso do

sistema estrutural da edificação a norma exige um tempo de Vida Útil maior, até mesmo em razão das possíveis consequências em caso de um eventual colapso, tais valores devem ser refletidos no projeto e conseqüentemente no plano de manutenção da edificação, devendo ser considerados separadamente em razão das diferentes funcionalidade de cada elemento e conseqüentemente em razão dos níveis dos diferentes níveis de degradação em função do tempo que cada elemento pode atingir. Neste caso, a definição de tais valores constitui-se também uma garantia do cliente, que pode ser facilmente verificada e creditada à medida das ocorrências indesejadas que configurem o seu não cumprimento em relação a qualquer falha nos elementos especificados.

Neste caso, além de definir os parâmetros mínimos a serem atendidos, a norma de desempenho também especifica os caminhos a serem seguidos para que se efetive o cumprimento total dos valores de Vida Útil de Projeto, estabelecendo assim cinco aspectos a serem seguidos com vista ao atendimento e cumprimento da VUP:

- a. Emprego de componentes e materiais de qualidade compatível com a *VUP*;
- b. Execução com técnicas e métodos que possibilitem a obtenção da *VUP*;
- c. Cumprimento em sua totalidade dos programas de manutenção corretiva e preventiva;
- d. Atendimento aos cuidados preestabelecidos para se fazer um uso correto do edifício;
- e. Utilização do edifício em concordância ao que foi previsto em projeto.

Observe que neste caso, os itens *a* e *b* traduzem as ações necessárias pertinentes ao projetista, incorporador e construtor, já os aspectos das letras *c*, *d*, e *e*, dizem respeito as ações necessários dos usuários. O atendimento integral por parte tanto de usuários quanto dos projetistas, incorporadores e construtores, configuram a garantia da efetividade da VUP. No entanto, é compreensível que o emprego de componentes e materiais de qualidade compatível com a *VUP* (item *a*).

A execução com técnicas e métodos que possibilitem a obtenção da *VUP* (item *b*), fazem parte, como é de se prever, da tarefa cotidiana dos projetistas, incorporadores e construtores, por outro lado, as tarefas que incumbem aos usuários precisam estar previstas no manual de uso, operação e manutenção do edifício, para que assim os usuários possam ter clareza quanto às suas obrigações no intuito de garantir que o

empreendimento cumpra os aspectos mínimos de desempenho e assim, se efetive a Vida Útil ao qual a obra foi projetada.

A norma de desempenho, atribui à ação de manutenção um papel de importância, na medida em que afirma que estas ações podem prolongar a vida útil da edificação. Neste sentido, define também que estas ações devem estar prescritas na Vida Útil de Projeto. A Figura 1 abaixo, ilustra o papel da manutenção com vista ao aumento do desempenho e conseqüentemente ao aumento da Vida Útil do empreendimento.

Figura 1: Desempenho com e sem manutenção

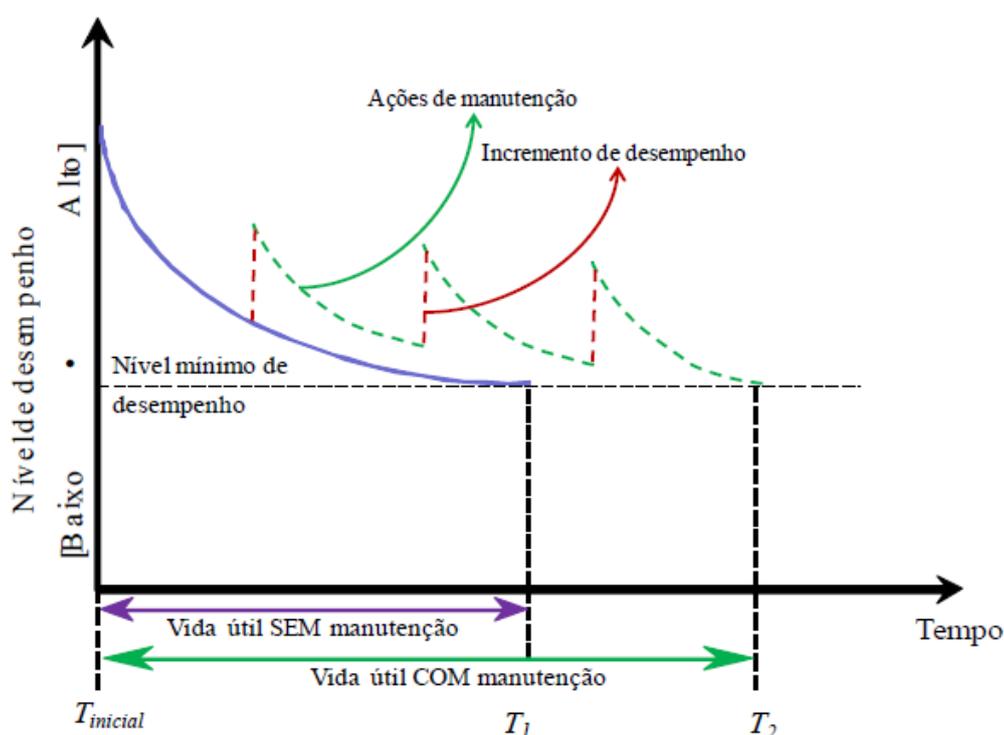


Figura 3: desempenho com e sem manutenção

Fonte: POSSAN, E.; DEMOLINER, C. A., (2014, p. 10)

Observe, que o papel da manutenção, ou das manutenções ao longo tempo, precisam estar alinhadas com as prescrições de projeto e que por sua vez, concedem ao empreendimento um aumento de sua vida útil na medida em que são atendidas os requisitos necessários à correta funcionalidade do empreendimento, aumentando assim o desempenho da edificação. É necessário destacar que a edificação sem

nenhuma ação de manutenção é terá uma vida útil bem menor, se comparada com a vida útil em que foram verificadas as manutenções necessárias.

6.1.4. Prazo de Garantia

Assim como a vida útil, o prazo de garantia é outro fator da construção civil relacionado de forma direta com o desempenho. Tido como um aspecto de análise temporal a partir de conceitos específicos de durabilidade e vida útil, é descrito na norma de desempenho da seguinte forma:

Prazo de garantia legal - período de tempo previsto em lei que o consumidor dispõe para reclamar dos vícios (defeitos) verificados na compra de produtos duráveis.

Prazo de garantia certificada - período de tempo, acima do prazo de garantia legal, oferecido voluntariamente pelo fornecedor (incorporador, construtor ou fabricante) na forma de certificado ou termo de garantia ou contrato, para que o consumidor possa reclamar dos vícios (defeitos) verificados na compra de seu produto. Este prazo pode ser diferenciado para cada um dos componentes do produto a critério do fornecedor (ABNT, 2013a, p. 9).

Nos dois conceitos acima, a norma tras a necessidade de avaliação de aspectos jurídicos para sua obtenção, de todo modo, em razão dos objetivos do trabalho, a análise para o prazo de garantia enquanto também medida de acompanhamento de desempenho, ater-se-a apenas nos aspectos do qual indicam elementos que possam subsidiar a análise do tema proposto, por outro lado, é notório que a determinação de prazos mínimos, constituem-se também requisitos de desempenho a serem atendidos, na medida em obriga e concede direitos aos agentes do processo construtivo.

A partir dos conceitos e das obrigações definidas, pode-se dizer que a garantia pode também ser considerada um contrato, garantido independente das vontades dos agentes envolvidos, em que se estabelece a obrigação, de projetistas, fornecedores, construtores e empreiteiros, de reparar, repor e oferecer a assistência necessária em caso de não atendimento do desempenho prescrito em produtos e/ou serviços, estabelecidos de acordo com a necessidade do usuário ao longo de um determinado período. É o que ratifica Borges (2008):

É intuitivo considerarmos que quanto maior for o tempo que um produto ou sistema funciona sem apresentar defeitos ou queda de desempenho, maior será a probabilidade de que ele tenha sido bem executado por quem o

produziu. Essa linha de raciocínio vale para um edifício, para um eletrodoméstico ou para qualquer outro produto. Podemos interpretar, a partir dessa visão e da definição técnica adotada na NBR 15575-1, que o não surgimento de vícios ou defeitos durante o período de garantia de um sistema, elemento ou componente, fornece uma espécie de atestado de que ele foi bem construído, pois se tivesse ocorrido um problema de execução ou de utilização de materiais com defeito de fabricação, os vícios ou defeitos do sistema provavelmente teriam surgido durante o período de garantia. Por exemplo, se um sistema hidrossanitário tem um prazo de garantia de três anos, e se durante este período não surgirem defeitos e o desempenho previsto foi mantido, é muito provável que este sistema tenha sido bem executado e que não tenham sido utilizados elementos e componentes com defeito de fabricação. É importante realçar o caráter probabilístico deste conceito, é impossível garantir verdadeiramente que o desempenho previsto de uma edificação será mantido ao longo de toda a vida útil de projeto, mesmo que num período menor ao da própria vida útil (igual ou maior ao prazo de garantia), este tiver sido atingido (BORGES, 2008, p.56).

6.1.5. Desempenho Térmico

Se o desempenho das edificações diz respeito, conforme visto acima, aos requisitos e parâmetros mínimos a serem atendidos com vista no atendimento das necessidades dos usuários, o desempenho térmico por sua vez, diz respeito aos requisitos e parâmetros térmicos da edificação.

Sendo assim, o desempenho térmico pode ser verificado através do fruto da interação proporcionada pelas características bioclimáticas da região (topografia, temperatura e umidade, direção e velocidade do vento, etc) com as características técnicas da edificação (pé direito, orientação das fachadas, materiais constituintes, número de pavimentos, etc). O resultado desta combinação, baseada em parâmetros mínimos exigidos, repercute através do adequado desempenho térmico que por sua vez repercute no conforto das pessoas e em condições adequadas para a realização das atividades para o qual a edificação foi projetada.

Diante disso, com o objetivo de melhor explorar o tema, é necessário entender os principais conceitos que se relacionam diretamente com o desempenho térmico, sobretudo àqueles que fornecem os parâmetros que possibilitam a verificação do atendimento dos requisitos mínimos atribuídos em razão da necessidade de conforto dos usuários.

6.1.5.1. Conforto Térmico

A definição da ABNT 15220 de conforto térmico trata-se de uma medida de satisfação psicofisiológica de um determinado indivíduo com as condições térmicas do ambiente. Neste sentido, no ato de construir, percebe-se uma alteração das condições climáticas locais proporcionadas pela intervenção humana e exercitada pela resposta térmica da edificação que por sua vez se relaciona com as características climáticas que influenciam para o conforto térmico, como: temperatura, umidade, velocidade do ar e radiação solar incidente, que também por sua vez guardam relações com o regime de chuvas, vegetação, permeabilidade do solo, águas superficiais e subterrâneas e topografia.

Conforme Frota & Schiffer (2001), o conforto térmico é tido como uma exigência humana relacionada ao próprio funcionamento do seu organismo. As autoras argumentam a afirmação, conforme a seguinte transcrição:

Quando as trocas de calor entre o corpo humano e o ambiente ocorrem sem maior esforço, a sensação do indivíduo é de conforto térmico e sua capacidade de trabalho, desse ponto de vista, é máxima. Se as condições térmicas ambientais causam sensação de frio ou de calor, é porque nosso organismo está perdendo mais calor ou menos calor que o necessário para a manutenção da homeotermia, a qual passa a ser conseguida com um esforço adicional que sempre representa sobrecarga, com queda do rendimento no trabalho, até o limite, sob condições de rigor excepcionais, perda total de capacidade para realização de trabalho e/ou problemas de saúde (FROTA & SCHIFFER, 2001, p. 15)

Logo, percebe-se a influência das características do clima, sobretudo a temperatura sobre as condições determinantes de conforto térmico. Assim, conforme as autoras acima, para o atendimento dos índices que configurem um conforto térmico adequado às condições humanas, é necessário avaliar a carga térmica que sofrerá uma determinada edificação ao longo das diversas horas do dia e em todas as estações do ano.

A determinação destas cargas térmicas, levam em consideração alguns fatores importantes, como, a vizinhança, que neste caso pode impedir, por exemplo, que raios solares incidam diretamente sobre a edificação, projetando sombras sobre o edifício; a orientação das aberturas; a constituição dos materiais de vedação, devendo-se considerar materiais translúcidos; construções com o artifício de quebra sol, além de

outros tantos elementos que podem influenciar e promover o controle térmico da edificação.

Ou seja, todos estes fatores técnicos do edifício, aliados com as necessidades humanas (fisiológicas e operacionais), influenciados pela configuração bioclimática, traduzem a necessidade de intervenção que possa proporcionar um ambiente termicamente adequado com os requisitos de desempenho a serem atendidos. Assim, o nível de satisfação ou insatisfação dos indivíduos em relação ao conforto térmico de uma determinada edificação, se relaciona com a configuração global entre fatores climáticos, fatores técnicos (características da obra) e aos fatores humanos, como a própria atividade executada no imóvel; a mobília (quantidade e adequação espacial); condições de vestuário; idade, sexo e número de ocupantes e, por último; condições psicofisiológicas dos usuários.

6.1.5.2. Zoneamento Bioclimático Brasileiro

Diante das discussões ora presentes, é perceptível a importância dos fatores bioclimáticos na avaliação de comportamento térmico das edificações, já que a caracterização de conforto térmico é dada em função, além dos critérios técnicos da obra e dos fatores humanos, da configuração bioclimática em que a obra se enquadra. Tal configuração, faz parte dos fatores de análise para que se obtenha o desempenho térmico de uma edificação, no entanto, em razão disso, os projetistas devem trabalhar no sentido de, com base nestas informações enquadrar os fatores intrínsecos, como posição geográfica, dimensões e materiais, de modo que o resultado final seja o atendimento das necessidades humanas.

Percebe-se assim, que os parâmetros bioclimáticos podem e devem influenciar os diferentes usos da terra, sendo que a recíproca também pode ser verdadeira, uma vez que a implantação de indústrias e edificações, podem indevidamente influenciar os parâmetros bioclimáticos. Assim, em razão dessa constatação, merece especial atenção o estudo desses parâmetros devidos à interação com a edificação e portanto, com a demanda de desempenho mínimo a ser atendido.

Neste sentido, considerando inclusive a extensão territorial brasileira, a NBR 15220-3, dividiu o país em 8 zonas bioclimáticas relativamente homogêneas quanto ao clima, definidas com base nos dados de temperatura do ar, umidade relativa do ar, velocidade do vento e radiação solar incidente para o dia mais frio e para o dia mais

quente do ano, que por sua vez foram definidos com base em dados históricos. Para cada uma dessas zonas, foi definido o dia típico de verão e o dia típico de inverno, que segundo NBR 15575, significam:

Dia típico de verão: é definido como um dia real, caracterizado pelas seguintes variáveis: temperatura do ar, umidade relativa do ar, velocidade do vento, radiação solar incidente em superfície horizontal para o dia mais quente do ano segundo a média do período dos últimos 10 anos.

Dia típico de inverno: é definido como um dia real, caracterizado pelas seguintes variáveis: temperatura do ar, umidade relativa do ar, velocidade do vento, radiação solar incidente em superfície horizontal para o dia mais frio do ano segundo a média do período dos últimos 10 anos (ABNT, 2013a, p. 7).

O clima foi o critério para a divisão das zonas, utilizando-se da homogeneidade para definição e adequação das cidades. A partir dessas divisões, tanto a NBR 15220 quanto a NBR 15575 estabelecem um conjunto de recomendações técnico construtivas a serem adotadas no sentido de que se obtenha o desempenho térmico da edificação.

Com base na análise do mapa das zonas bioclimáticas brasileiras, a cidade de Palmas se encontra na Zona Bioclimática 7, sendo assim definidas as recomendações quanto aos aspectos técnicos construtivos, observadas nas tabelas 2, 3 e 4 Tabela 3:

Tabela 2: Aberturas para ventilação e sombreamento das aberturas para a Zona Bioclimática 7.

Aberturas para ventilação	Sombreamento das aberturas
Pequenas*	Sombrear aberturas

Fonte: NBR 15220-3:2005

* Segundo a Norma, aberturas pequenas são àquelas em que a área das aberturas para ventilação estão entre 10% à 15% em relação à área do piso.

Tabela 3 - Tipos de vedações externas para a Zona Bioclimática 7

Vedações Externas
Paredes: Pesada*
Cobertura: Pesada*

Fonte: NBR 15220-3:2005

* Segundo a norma, paredes classificadas como pesadas, são aquelas que se enquadram nos seguintes parâmetros: transmitância térmica $\leq 2,20$, atraso térmico $\geq 6,5$ e fator solar $\leq 3,5$. Já para os sistemas de coberturas classificados como pesados, os parâmetros são os seguintes: transmitância térmica $\leq 2,00$, atraso térmico $\geq 6,5$ e fator solar $\leq 6,5$. Os conceitos de tais parâmetros são discutidos nos capítulos à frente.

Tabela 4 - Estratégias de condicionamento térmico passivo para a Zona Bioclimática 7.

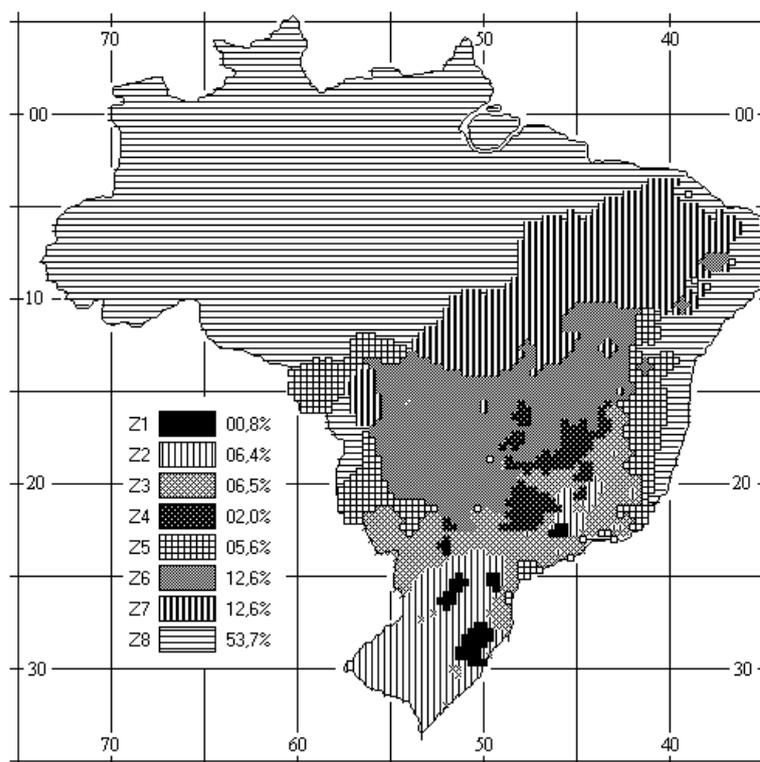
Estação	Estratégias de condicionamento térmico passivo
Verão	H) Resfriamento evaporativo e Massa térmica para resfriamento J) Ventilação seletiva (nos períodos quentes em que a temperatura interna seja superior à externa)

Nota: Os códigos H e J são os mesmos adotados na metodologia utilizada para definir o Zoneamento Bioclimático do Brasil.

Fonte: NBR 15220-3:2005

Para esta última tabela, é necessário esclarecer que embora a NBR 15220 faça as recomendações para o condicionamento térmico, a NBR 15575 considera, para o atendimento dos critérios e requisitos mínimos de desempenho térmico, uma análise constituído em condições naturais de insolação, ventilação e outras.

Figura 2: Mapa das Zonas Bioclimáticas Brasileiras



Fonte: NBR 15220-3:2005.

6.2. A NORMA BRASILEIRA DE DESEMPENHO – ABNT NBR 15575/2013

Conforme descrito pelos objetivos do trabalho, pretende-se neste estudo, analisar o desempenho térmico de uma edificação à luz da NBR 15575. Neste sentido, buscou-se neste capítulo elucidar a citada norma, com o fim de inserir o leitor no ambiente da normatização brasileira em especial à norma fruto desse estudo. A ideia é deprever de forma geral quais são seus objetivos, excetuando-se os que tratam da análise de desempenho térmico, já que este ponto será analisado na metodologia do trabalho.

6.2.1. A Norma de Desempenho

Diante do histórico apresentando, a seguir será descrito como a norma está organizada, de modo que facilite o entendimento de todas suas partes constituintes e seus conteúdos abordados. Será visto aqui, que a norma define requisitos mínimos identificados a partir das necessidades dos usuários, divididos em três tópicos:

segurança, habitabilidade e sustentabilidade. Neste caso, vale ressaltar que ainda que existam normas que tratam destes temas de forma específica, a norma de desempenho é a primeira a utilizar o conceito de desempenho aplicado aos diversos sistemas, tratando-os como requisitos de obrigatoriedade, além disso, insere conceitos antes não abordados como: durabilidade, manutenibilidade e conforto tátil e antropodinâmico dos usuários.

É necessário esclarecer que no caso em que houver normas que tratam sobre o mesmo tema da norma de desempenho, dever-se-á considerá-las como complementares, sem substituí-las, a *“utilização simultânea delas visa atender aos requisitos do usuário com soluções tecnicamente adequadas”*. Por outro lado, quando estas forem conflituosas ou apresentem diferenças de critérios e métodos, deve-se adotar sempre a mais exigente (ABNT, 2005a).

6.2.1.1. ABNT NBR 15575-1:2013 – Parte 1: Requisitos Gerais

Com caráter de orientação geral, esta parte da norma estabelece os requisitos e critérios de desempenho aplicáveis às edificações habitacionais. Nesta sessão, são definidas as diretrizes gerais para as partes vindouras da norma, que tratarão especificamente sobre as diretrizes aqui encaminhadas. Além disso, fornece o desenvolvimento e as exigências de durabilidade, vida útil e prazos de garantia, tratados de forma sucinta e em nível de exigências na normatização brasileira.

6.2.1.2. ABNT NBR 15575-2:2013 – Parte 2: Requisitos para os sistemas estruturais

Tratando especificamente dos requisitos e critérios de desempenho que se aplicam somente ao sistema estrutural da edificação habitacional, a NBR 15575-2 além da definição dos requisitos mínimos para cada componente estrutural, traz ainda critérios de manifestações patológicas que podem influenciar na estabilidade global da estrutura, definindo para este caso o estado-limite último, como sendo o estado crítico em que os sistema de vedações verticais e externas não mais atendem os critérios de desempenho relativos à segurança. Além disso, são descritos na norma os requisitos e critérios de durabilidade, manutenibilidade e vida útil para o sistema estrutural.

6.2.1.3. ABNT NBR 15575-3:2013 – Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos

Aqui, como o próprio nome sugere, são definidos os critérios e requisitos de desempenho que aplicam-se ao sistema de pisos da edificação habitacional, destinados a área de uso privativo ou de uso comum. Dentro os requisitos tratados pela norma, estão: estabilidade e resistência estrutural do piso; limitação dos deslocamentos verticais; resistência a impactos de corpo mole e corpo duro; cargas verticais concentradas. Além disso, tem ainda o critério de desempenho relativo à resistência ao fogo; segurança em uso e operação e estanqueidade. Embora tenha-se requisitos e critérios específicos e relativos a fatores diferentes, o resultado global para os sistemas de pisos devem atender a um critério mínimo global, que também é definido pela norma.

6.2.1.4. ABNT NBR 15575-4:2013 – Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas - SVVIE

Os requisitos e critérios de desempenho para os sistemas de vedações verticais e externas, levam em consideração, o seu desempenho estrutural definido a partir dos seguintes requisitos: estabilidade e resistência; deslocamentos, fissuras e ocorrências de falhas, solicitação de cargas provenientes de peças suspensas; impacto de corpo mole e corpo com e sem função estrutural; ações transmitidas por portas; cargas de ocupação incidentes em guarda-corpos e parapeitos de janelas. Além disso, ainda são considerados o desempenho contra incêndio; segurança e uso na edificação; estanqueidade; desempenho acústico; desempenho luminíco e desempenho térmico.

Neste caso, os parâmetros definidos para o caso do desempenho térmico, guardam uma relação específica com os conceitos e o próprio objetivo do trabalho, já que os parâmetros aqui definidos são os que serão analisados para desenvolvimento do trabalho. Os critérios, requisitos e métodos serão discutidos em capítulos à parte.

6.2.1.5. ABNT NBR 15575-5:2013 – Parte 5: Requisitos para os sistemas de coberturas

Os requisitos para desempenho dos sistemas de coberturas – SC, descritos nesta norma, são: desempenho estrutural: resistência e deformabilidade, solicitações

de montagem ou manutenção, solicitações dinâmicas (impacto de corpo mole e corpo duro) e solicitações em forros, ação de granizo e outras cargas acidentais em telhados; segurança contra incêndio: reação do fogo aos materiais de revestimento e acabamento, resistência ao fogo do sistema de cobertura; segurança no uso e operação: integridade do sistema de cobertura, manutenção e operação; Estanqueidade: critério de impermeabilidade, estanqueidade das aberturas de ventilação, captação e escoamento de águas pluviais, estanqueidade para sistema de cobertura impermeabilizado; desempenho térmico; desempenho acústico; durabilidade e manutenibilidade; desempenho luminíco;; saúde, higiene e qualidade do ar; funcionalidade e acessibilidade.

Neste caso, assim como a NBR 15575-4 guarda estreito relação com o desenvolvimento do trabalho, esta parte da norma possui extrema importância para a conclusão do estudo, na medida em que o SC (sistema de cobertura) é a parte da edificação que mais se expõe à radiação direta do sol e conseqüentemente é quem também transmite a maior carga térmica aos ambiente do empreendimento (casas térreas e último pavimento de sobrados e prédios), influenciando assim no conforto térmico dos usuários, além do próprio consumo de energia.

6.2.1.6. ABNT NBR 15575-6:2013 – Parte 6: Requisitos para os sistemas hidrossanitários

Nesta parte, são considerados requisitos para os sistemas hidrossanitários, considerando partes integrantes do sistema que necessitavam de serem esboçados parâmetros de atendimento mínimo quanto as necessidades dos usuários, sobretudo de segurança e saúde. Assim, tem-se a definição de requisitos de atendimento como estanqueidade (agua fria, agua quente e esgoto), segurança (estrutural, uso e operação, combate à incêndio, etc), durabilidade, estanqueidade, etc.

7. METODOLOGIA

A metodologia descrita para este estudo foi desenvolvida a partir da realização da revisão bibliográfica, conforme os capítulos anteriores, de forma que explicar os conceitos de desempenho e suas diversas conexões, implica também, em entender melhor o ambiente de estudo e conseqüentemente permite que este ambiente seja explorado com base em critérios que mais se aproximam dos objetivos do trabalho.

Dentro dessas conexões do conceito de desempenho, não se pode descartar o ambiente normativo que por sua vez pode ser considerado a garantia e a exigência da aplicação de parâmetros mínimos de exigências de usuários, que neste caso específico do estudo se traduzem no atendimento integral dos critérios e requisitos mínimos para que o usuário possa se favorecer do conforto térmico.

Neste sentido, escolheu-se uma edificação na Cidade de Palmas para aplicar a metodologia descrita pela NBR 15575/2013.

7.1. Desempenho Térmico: Método de Avaliação – NBR 15575

Segundo a NBR 15575, a edificação deve reunir características que possam atender às exigências de desempenho térmico, considerando a zona bioclimática em que está inserida, avaliada sob as condições naturais da edificação.

A norma também estabelece que o desempenho da edificação seja avaliado nos ambientes onde há permanência prolongada (dormitórios ou sala de estar) com maior número de paredes expostas para o ambiente externo. Para avaliar o desempenho térmico, esta norma recomenda adotar as condições mais críticas do ponto de vista térmico. Além disso, devem ser levados em consideração os dispositivos de sombreamento quando previstos em projeto.

Assim, a avaliação de desempenho, pode ser considerada o processo no qual busca-se analisar e verificar o uso adequado de um sistema ou de um processo construtivo destinado a atender à função para qual foi projetado, independentemente da solução técnica adotada.

Neste sentido, a Norma de Desempenho estabelece dois procedimentos de avaliação de desempenho térmico que merecem transcrição:

Procedimento 1 – Simplificado (normativo): atendimento aos requisitos e critérios para os sistemas de vedação e coberturas, conforme ABNT NBR 15575-4 e ABNT NBR 15575-5. Para os casos em que a avaliação de transmitância térmica e capacidade térmica, conforme os critérios e métodos

estabelecidos nas ABNT NBR 15575-4 e ABNT NBR 15575-5, resultem em desempenho térmico insatisfatório, o projetista deve avaliar o desempenho térmico da edificação como um todo pelo método da simulação computacional conforme o item 11.2.

Procedimento 2 – Medição: verificação do atendimento aos requisitos e critérios estabelecidos nesta ABNT NBR 15575-1, por meio da realização de medições em edificações ou protótipos construídos. Este método é de caráter meramente informativo e não se sobrepõe aos procedimentos descritos no item anterior (a), conforme disposto na diretiva 2:2011 da ABNT.

Este estudo desenvolverá análise com base no procedimento 1 e 2. O procedimento 1, chamado de simplificado, onde valores de transmitância e capacitância térmica devem ser atendidos. Para o não atendimento destes parâmetros a norma prescreve a utilização da análise através de simulação computacional. No entanto, mesmo diante de um desempenho térmico insatisfatório, optou-se pela não utilização do método computacional, em virtude da falta de informações (climáticas) para a cidade de Palmas que está localizada na zona bioclimática 7, já que, mesmo a norma recomendando na falta de informação sobre a cidade em estudo, a utilização de dados climáticos de uma cidade com características semelhantes e na mesma zona bioclimática, ainda assim, não seria suficiente para garantir resultados próximos da realidade da cidade, já que a interface do programa exige informações adicionais e variações para estas informações adicionais, como nebulosidade, data, modelo solar (tipo de céu), taxa metabólica para atividade desenvolvida, pressão atmosférica e velocidade e direção do vento.

A justificativa para o não uso do procedimento de simulação computacional com base na falta de informações, configura-se também como recomendação (de revisão da norma) e crítica quanto a alguns parâmetros utilizados, realizadas pela própria bibliografia, basta ver, Sorgato, et al (2012), Grigoletti e Sattler (2010), Loura, Assis e Bastos (2011), Brito et al. (2012), Oliveira, Souza e Silva (2013), Marques e Chvatal (2013), Sorgato, Melo e Lamberts (2013).

Por fim, os procedimentos descritos não estão classificados segundo uma ordem hierárquica, na verdade o procedimento 1 (simplificado) é recomendado para utilização ainda na fase de projeto, sendo a obrigatoriedade de desempenho térmico atendida na medida em que se encontre resultados satisfatórios, não impedindo que estudos posteriores sejam realizados. Já o procedimento 2 (estudo in loco), como pode-se supor, deve ser realizado, obrigatoriamente, quando a edificação já está totalmente pronta, já que o acabamento da obra influencia significativamente no resultado final para análise de desempenho.

7.1.1. Desempenho Térmico – Método Simplificado

Neste método simplificado, verifica-se o atendimento aos requisitos e critérios para fachadas e coberturas, estabelecidos na NBR 15575-4 e NBR 15575-5 para os sistemas de vedação vertical interna e externa - SVVIE e para os sistemas de coberturas, respectivamente.

A seguir serão descritos, os critérios, método de avaliação e nível de desempenho requerido para cada sistema.

7.1.1.1. Sistemas de Vedações Verticais Interna e Externas - SVVIE³

Para os sistemas de vedação vertical interna e externa – SVVIE, é necessário o atendimento de três critérios: transmitância térmica (U) de paredes externas, capacidade térmica (CT) de paredes externas e aberturas para ventilação. De forma resumida, os valores dos dois primeiros critérios (U e CT), serão obtidos de acordo com a metodologia expressa pela NBR 15220-2 e posteriormente confrontados com as exigências da norma. O critério aberturas para ventilação, é calculado conforme um procedimento descrito pela NBR 15575, e da mesma forma dos critérios anteriores os valores encontrados são confrontados com as exigências de desempenho da norma.

a. Transmitância térmica de paredes externas:

Segundo a norma de desempenho, transmitância térmica é a transmissão de calor em unidade de tempo e através de uma área unitária de um elemento ou componente construtivo. Assim, os valores máximos admissíveis para a transmitância térmica (U) das paredes externas são apresentados na Tabela 5 a seguir, de acordo com cada zona bioclimática e sua respectiva classificação:

³ O conceito de SVVIE é dado pela NBR 15575-4, como sendo: partes da edificação habitacional que limitam verticalmente a edificação e seus ambientes, como as fachadas e as paredes ou divisórias internas.

Tabela 5 – Valores máximos admitidos para a transmitância térmica de paredes externas.

Transmitância Térmica (U)		
W/m².K		
Zonas 1 e 2	Zonas 3, 4, 5, 6, 7 e 8	
U ≤ 2,5	α^a ≤ 0,6	α^a > 0,6
	U ≤ 3,7	U ≤ 2,5

α^a é a absorvância à radiação solar⁴ da superfície externa da parede.

Fonte: ABNT, 2013d, p. 28.

Diante da definição de tais critérios, a NBR 15575, determina que o método de avaliação da transmitância térmica, deve ser realizado conforme os procedimentos de cálculo contido na NBR 15220-2, que por sua vez, traz diversas tabelas sobre as propriedades físicas dos materiais que são necessárias para o procedimento de cálculo. Assim, a transmitância é obtida através da seguinte equação:

$$U = \frac{1}{R_T} \quad (1)$$

Onde:

- U [W/(m².K)] é Transmitância térmica;
- R_T [(m².K)/W] é resistência térmica total, sendo o somatório do conjunto de resistências térmicas correspondentes às camadas de um elemento ou componente, incluindo as resistências superficiais interna e externa.

Os resultados obtidos aqui estão relacionados à configuração global do empreendimento relacionado com os materiais utilizados e conseqüentemente às suas propriedades físicas. Sendo uma avaliação de projeto, pode-se simular o uso de diferentes materiais até que se atinja o desempenho exigido pela norma.

⁴ Segundo a NBR 15575, absorvância à radiação solar é o quociente da taxa de radiação solar absorvida por uma superfície pela taxa de radiação solar incidente sobre esta mesma superfície.

b. Capacidade térmica das paredes externas

Capacidade térmica segundo a NBR 15220 é a quantidade de calor necessária para variar em uma unidade a temperatura de um sistema, os valores mínimos admissíveis para capacidade térmica das paredes externas são apresentados na Tabela 6:

Tabela 6 – Valores mínimos admitidos para a Capacidade Térmica de Paredes Externas.

Capacidade Térmica (CT)	
KJ/m².K	
Zonas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8	Zona 8
≥ 130	Sem requisito

Fonte: ABNT, 2005d, p. 27.

Com os parâmetros mínimos a serem atendidos, o cálculo para a capacidade térmica das paredes externas do edifício é estudo é realizado seguindo os procedimentos da NBR 15220-2, que determina a capacidade térmica através da seguinte equação:

$$C_T = \sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot R_i \cdot c_i \cdot \rho_i = C_T = \sum_{i=1}^n e_i \cdot c_i \cdot \rho_i \quad (2)$$

Onde:

- λ_i [W/(m.k)] é a condutividade térmica⁵ do material da camada i^a;
- R_i [(m².K)/W] é a resistência térmica⁶ da camada i^a;
- e_i (m) é a espessura da camada i^a;
- c_i [kJ/(kg.K)] é o calor específico⁷ do material da camada i^a, dado pelo quociente da capacidade térmica pela massa;

⁵ Propriedade física de um material homogêneo e isotrópico, no qual se verifica um fluxo de calor constante, com densidade de 1 W/m², quando submetido a um gradiente de temperatura uniforme de 1 Kelvin por metro (NBR 15220-1).

⁶ Quociente da diferença de temperatura verificada entre as superfícies de um elemento ou componente construtivo pela densidade de fluxo de calor, em regime estacionário (NBR 15220-1).

⁷ Quociente da capacidade térmica pela massa (NBR 15220-1).

- ρ_i (kg/m³) é a densidade de massa aparente⁸ do material da camada i^a, dada pelo quociente da massa pelo volume aparente de um corpo;

A NBR 15220, além das equações para o cálculo da capacidade térmica, traz ainda diversas tabelas sobre as propriedades físicas dos materiais, entre elas, valores para cada um dos componentes da equação acima, de acordo com sua composição.

c. Aberturas para ventilação

Segundo a norma de desempenho, os ambientes de longa permanência (salas e dormitórios), devem apresentar aberturas com dimensões adequadas para proporcionar a ventilação interna dos ambientes. Quando não houver requisitos estabelecidos pela legislação local do empreendimento, devem ser atendidos os seguintes requisitos:

Tabela 7 – Área mínima de ventilação em dormitórios e salas de estar

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	<ul style="list-style-type: none"> • $A \geq 12\%$ da área de piso – região norte do Brasil. • $A \geq 8\%$ da área de piso – região nordeste e sudeste do Brasil.

Nota: Nas zonas bioclimáticas de 1 a 6, as áreas de ventilação devem ser passíveis de serem vedadas durante o período de frio.

Fonte: ABNT, 2013d, p.28.

Definidos os requisitos mínimos, é hora de definir como é feita a avaliação, que neste caso deve ser construído com base no projeto arquitetônico, considerando, para cada ambiente de longa permanência, a seguinte relação:

$$A = 100 \times (A_A/A_P) \quad (3)$$

⁸ Quociente da massa pelo volume aparente de um corpo (NBR 15220-1).

Onde:

- A_A é a área efetiva de abertura de ventilação do ambiente, sendo que para o cálculo desta área somente são consideradas as aberturas que permitem a livre circulação do ar, devendo ser descontadas as áreas de perfis, vidros e de qualquer outro obstáculo; nesta área não são computadas as áreas de portas internas. No caso de cômodos dotados de portas-balcão ou semelhantes, na fachada da edificação, toda a área aberta resultante do deslocamento da folha móvel da porta é computada.
- A_p é a área de piso do ambiente.

7.1.1.2. Sistemas de Coberturas

Para os sistemas de coberturas, só há um requisito de atendimento: transmitância térmica. Para tanto, a norma fixa os valores máximos admissíveis, considerando o fluxo térmico descendente, em função das zonas bioclimáticas, estando tais valores contidos na Tabela 8:

Tabela 8 – Critérios e níveis de desempenho de coberturas quanto à transmitância térmica.

Transmitância Térmica (U) W/m ² K					Nível de desempenho
Zonas 1 e 2	Zonas 3 a 6		Zonas 7 e 8		
U ≤ 2,3	$\alpha^a \leq 0,6$	$\alpha^a > 0,6$	$\alpha^a \leq 0,4$	$\alpha^a > 0,4$	M
	U ≤ 2,3	U ≤ 1,5	U ≤ 2,3 FV	U ≤ 1,5 FV	
U ≤ 1,5	$\alpha^a \leq 0,6$	$\alpha^a > 0,6$	$\alpha^a \leq 0,4$	$\alpha^a > 0,4$	I
	U ≤ 1,5	U ≤ 1,0	U ≤ 1,5 FV	U ≤ 1,0 FV	
U ≤ 1,0	$\alpha^a \leq 0,6$	$\alpha^a > 0,6$	$\alpha^a > 0,4$	$\alpha^a > 0,4$	S
	U ≤ 1,0	U ≤ 0,5	U ≤ 1,0 FV	U ≤ 0,5 FV	

^a Na mesma zona bioclimática 8 também estão atendidas coberturas com componentes de telhas cerâmicas, mesmo que a cobertura não tenha forro.

NOTA: O fator de ventilação (FV) é estabelecido na ABNT NBR 15220-2.

Fonte: ABNT, 2013e, p. 52.

Com base nos valores tabelados acima, considerando como exigência o nível mínimo de desempenho requerido, calcula-se a transmitância térmica do edifício em análise utilizando o mesmo método descrito para Sistemas de Vedações Verticais Interna e Externas – SVVIE, obviamente os parâmetros de cálculo e consequentemente o resultado final, são valores diferentes já que se trata de materiais diferentes.

7.1.2. Desempenho térmico - Procedimento 2 (Medição in loco)

A medição *in loco*, prevê a verificação do atendimento aos requisitos e critérios estabelecidos na NBR 15575 por meio da realização de medições de temperatura em edificações existentes ou mesmo em protótipos construídos para esta finalidade.

Segundo a norma, O valor máximo diário da temperatura do ar interior de recintos de permanência prolongada, como, por exemplo, salas e dormitórios, sem a presença de fontes internas de calor (ocupantes, lâmpadas, outros equipamentos em geral), deve ser sempre menor ou igual ao valor máximo diário de temperatura do ar exterior. A Tabela 9 (a seguir), especifica os critérios de avaliação de desempenho térmico para condições de verão:

Tabela 9 – Critério de avaliação de desempenho térmico para condições de verão

Nível de desempenho	Critério	
	Zonas 1 a 7	Zona 8
M	$T_{i,max} \leq T_{e,max}$	$T_{i,max} \leq T_{e,max}$
I	$T_{i,max} \leq (T_{e,max} - 2C^\circ)$	$T_{i,max} \leq (T_{e,max} - 1^\circ C)$
S	$T_{i,max} \leq (T_{e,max} - 4C^\circ)$	$T_{i,max} \leq (T_{e,max} - 2^\circ C)$ e $T_{i,max} \leq (T_{e,max} + 1^\circ C)$

$T_{i,max}$ é o valor máximo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus Celsius;

$T_{e,max}$ é o valor máximo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus Celsius;

$T_{i,min}$ é o valor mínimo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus Celsius;

$T_{e,min}$ é o valor mínimo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus Celsius.

NOTA: Zonas bioclimáticas de acordo com a ABNT NBR 15220-3.

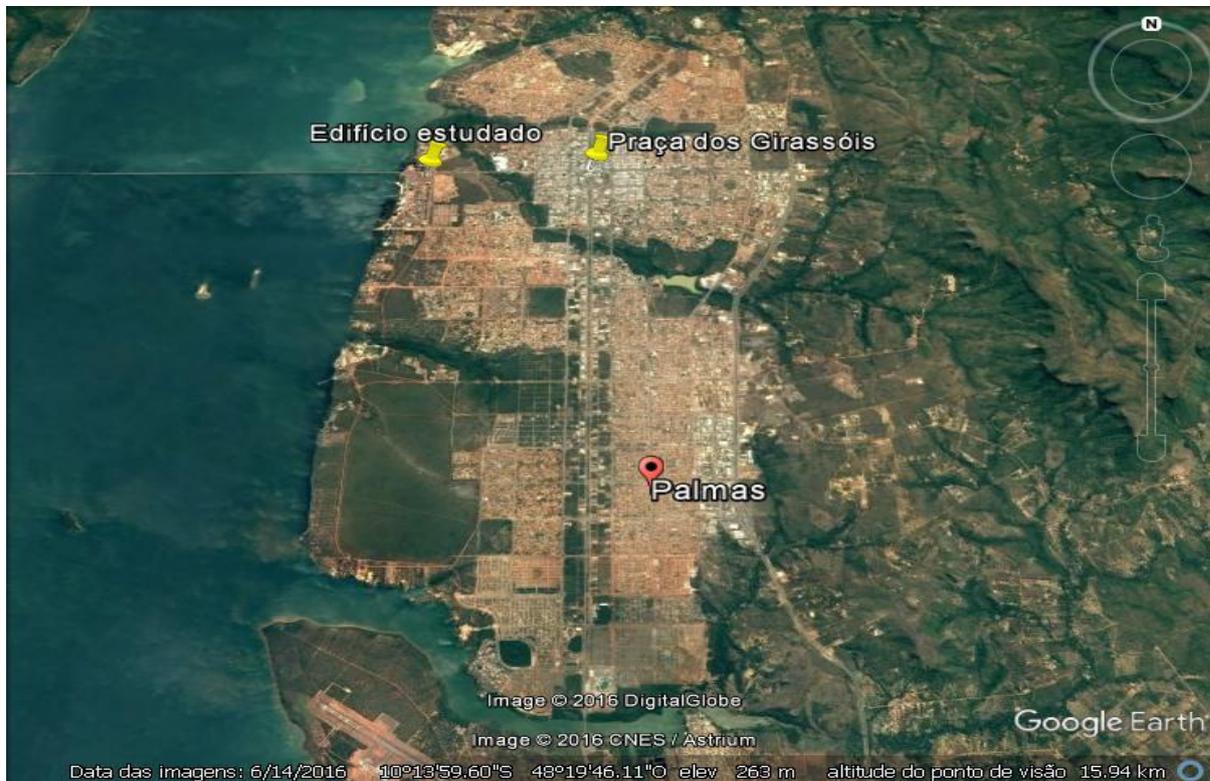
Os critérios apresentados na tabela acima são considerados para um dia típico de verão com medições à sombra. Para as condições de inverno, a norma não especifica a necessidade de adotar critérios de desempenho térmico para as zonas 6, 7 e 8.

7.2. Caracterização do Edifício Estudado

Este trabalho não divulgará o nome do Edifício e da Construtora responsável pela obra. Para tanto, caracterizou-se a edificação como **Edifício X**. Por outro, o estudo traz a informação de localização em razão da necessidade da identificação deste dado obrigatória do edifício, já que como ver-se-á à frente, para um mesmo edifício locado em pontos diferentes da cidade, pode-se alterar o resultado final da avaliação.

Neste sentido, o Edifício X está situado na Quadra Orla 14, QI 6, Alameda 5, conforme mostra as figuras 4 e 5.

Figura 3: Localização do edifício X



Fonte: Google Earth, 2016

Figura 4: Localização do edifício X



Fonte: Google Earth, 2016

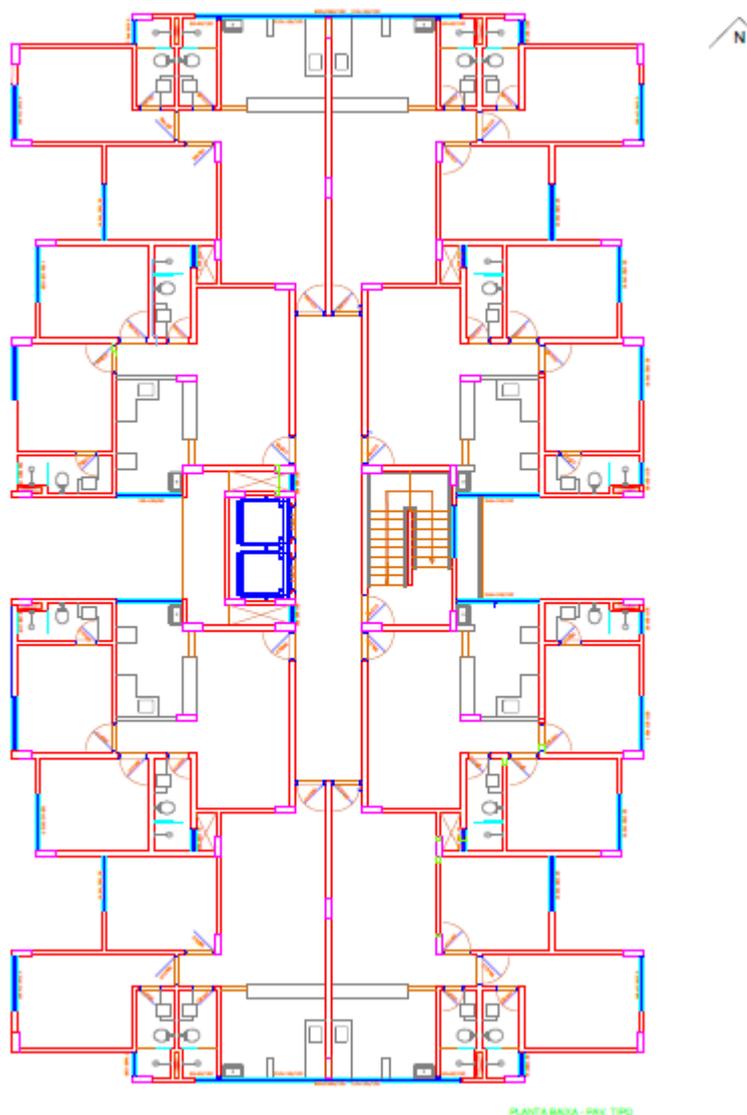
Trata-se de um de um edifício constituído de 15 (quinze) pavimentos, sendo subsolo, térreo, doze andares tipo e um pavimento de cobertura. Cada pavimento tipo, possuem oito apartamentos, de dois quartos. O total de apartamentos é de 100 (cem) unidades.

Ao todo, existem 100 vagas de estacionamento de veículos distribuídas em subsolo e térreo. Assim como as vagas de estacionamento, o térreo abriga a parte social da edificação: salão multiuso, salão de festa, *hall* social, guarita, playground e dois elevadores.

Nos andares tipo há oito apartamentos, com acesso pela escadaria e pelos elevadores. No último pavimento, ou seja, na cobertura haverá quatro apartamentos.

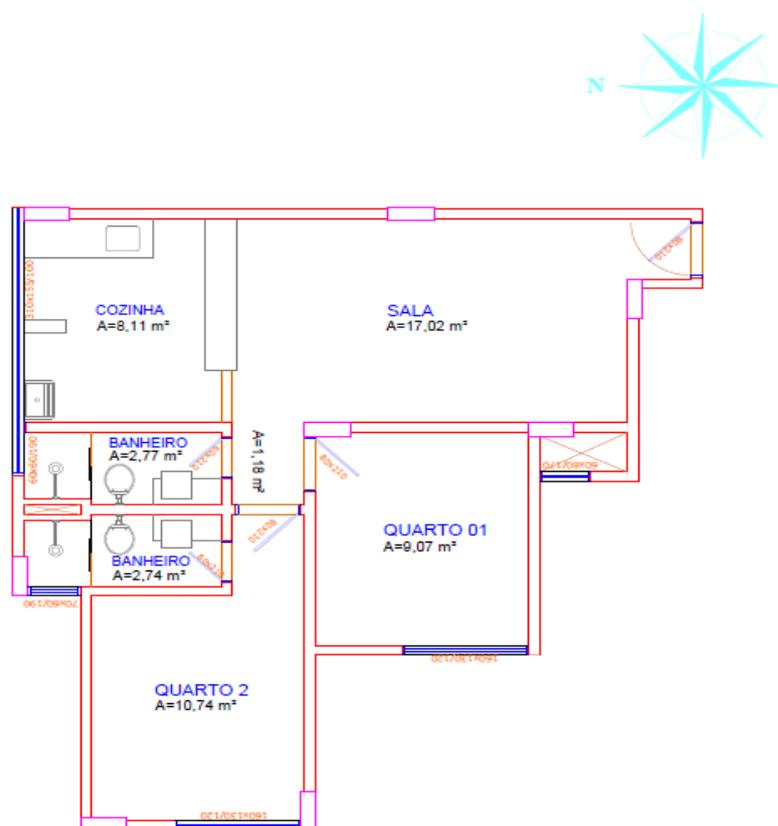
Por sua vez o pavimento tipo é composto por hall de circulação, elevador, escada e quatro apartamentos em cada Bloco (Figura 5).

Figura 5 – Planta Baixa – Pavimento Tipo



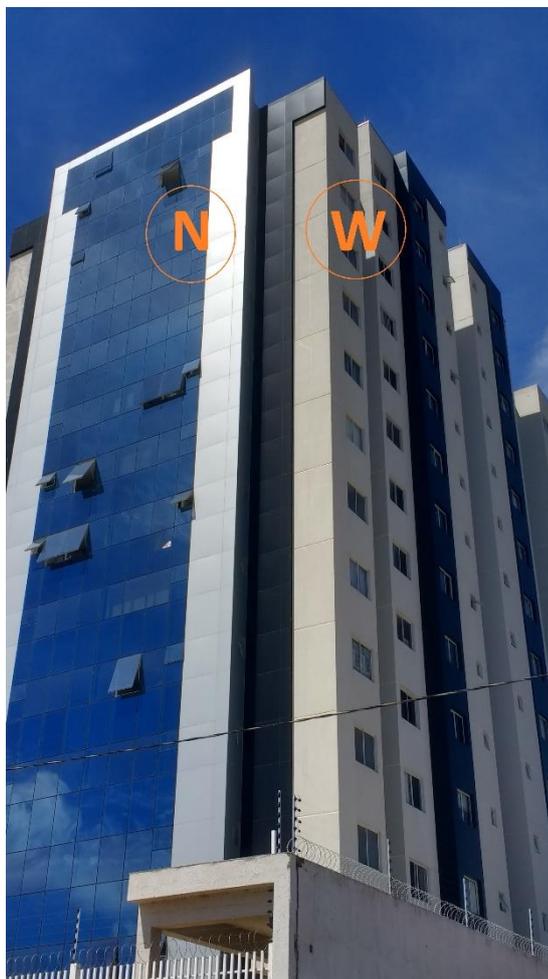
O apartamento estudado possui área total de 58,79 m², sendo sala de estar/jantar (17,02 m²), cozinha / área de serviço (8,11 m²), circulação (1,18 m²), banheiro social (2,77 m²), banheiro suíte (2,74 m²), suíte (10,74 m²) e quarto (9,07 m²) (Figura 6).

Figura 6 - Planta Baixa – Apartamento



Para este caso deve-se optar pela unidade que possua janela do dormitório ou sala voltada para oeste e outra parede exposta voltada para norte. Neste sentido, como pode ser observado na Figura 6 (acima), está é justamente a configuração da planta baixa orientada para o norte, onde se tem, as janelas do quarto 1 e 2 voltadas para o oeste e a parede do quarto 2 voltada para o norte. (Figura 7).

Figura 7 – Identificação da unidade de estudo



7.3. Levantamento de Dados

Para avaliação do desempenho térmico a partir do procedimento simplificado, foram utilizados dados baseados no memorial descritivo da edificação e informações fornecidas pela construtora. Informações essas que foram utilizadas para os cálculos dos valores de transmitância e capacidade térmica para sistemas de vedação e cobertura.

Para a avaliação de desempenho térmico seguindo o procedimento 2, a norma orienta que o período de medição deve corresponder a análise de um dia típico de projeto, de verão ou de inverno, precedido por pelo menos um dia com características semelhantes. A norma recomenda ainda que, como regra geral, deve-se trabalhar com uma sequência de três dias e analisar os dados do terceiro dia. Para efeito da

avaliação por medição, o dia típico é caracterizado unicamente pelos valores da temperatura do ar exterior medidos no local. Neste caso, os dias avaliados, após consulta prévia a um meteorologista, foram: os dias 26/04/2017 (quarta-feira) a partir das 14:30 horas, até o dia 29/04/2017 (sábado) às 14:30 horas, totalizando 72 horas de coleta de dados.

Sendo assim, conforme especificação da norma, mediu-se a temperatura de bulbo seco do ar no centro dos recintos dormitórios e salas, a 1,20 m do piso (Figura 8). As orientações quanto à forma e aos equipamentos a serem utilizados, estão contidas na norma ISSO 7726.

Figura 8: Montagem do Equipamento



O Data Logger U12-013 da marca Hobo foi o aparelho utilizado para mediação das temperaturas do ambiente internos (quartos e salas). Este aparelho faz a leitura de temperatura e Umidade, possuindo dois canais externos que por sua vez fazem a coleta de dados de somente de temperatura. Trabalha na faixa de medição de temperatura entre -20°C a $+70^{\circ}\text{C}$ e umidade ente 5% a 95%. Possui precisão de $\pm 0,35^{\circ}\text{C}$, com resolução de 0,03%.

Para a realização do estudo, foi programado para armazenar dados a cada 1 minuto, com início no dia 26/04/2017 às 14:30 horas. O aparelho possui memória suficiente para armazenar 43.000 medições. Executa comunicação para abastecer o programa via computador através de cabo USB. Os cabos trabalham na faixa de medição entre -40°C a $+100^{\circ}\text{C}$, com precisão de $\pm 0,21^{\circ}\text{C}$, tendo cada um

comprimento de 15,2 metros. Para este conjunto, Data Logger e cabos, optou-se por deixar o aparelho que faz e medição de umidade na sala, e os cabos, cada um em um dos dormitórios (Figura 9).

Figura 9: Equipamento no local do experimento



A transferência dos dados do Data Logger para o computador foi feita via USB direto para o software HOBOWare Pró. O software por sua vez oferece a opção de transferência dos dados com extensão .xsl, sendo tratado e gerado os gráficos através do Office Excel 2016®.

Figura 10 – Data Logger U12-013



Já para medição de temperatura externa, optou-se por utilizar o Data Logger UA-001-64 (Figura 11) da marca Hogo e também fabricado pela empresa Onset. Este aparelho faz a leitura de temperatura e suporta submersão em água. Opera na faixa de medição entre -20°C a $+70^{\circ}\text{C}$ com precisão de $\pm 0,47^{\circ}\text{C}$ e resolução de $0,1^{\circ}\text{C}$. Possui um intervalo de aquisição de dados programável entre 1 segundo até 18 horas (iniciou-se às 14:30h do dia 26/04 com intervalos a cada 1 minuto) com memória suficiente para armazenar 54.000 medições. Comunica-se através de um cabo USB à prova d'água.

Figura 11 - Data Logger UA-001-64



Neste caso, mesmo a norma afirmando que a medição deve ser feita à sombra, optou-se por analisar simultaneamente medições da temperatura ao sol. O Data Logger com medição à sombra foi amarrado a uma luminária, onde a mesma não foi acesa para não interferir na temperatura ambiente. Ficando localizada na laje de cobertura de uma vaga de estacionamento no térreo conforme Figura 12. Para medição externa, o Data Logger foi amarrado na janela do sexto andar a 1,2 metros de distância da edificação.

Figura 12 – Análise da temperatura externa à sombra



8. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir, serão verificados e analisados os resultados dos procedimentos utilizados neste estudo.

8.1. Avaliação do Desempenho Térmico – Método Simplificado

Conforme metodologia, este procedimento, verifica o atendimento aos requisitos e critérios para fachadas e coberturas, conforme estabelece a NBR 15575-4 e NBR 15575-5 para os sistemas de vedação vertical interna e externa - SVVIE e para os sistemas de coberturas, respectivamente.

A seguir, é apresentado os resultados para cada um dos sistemas.

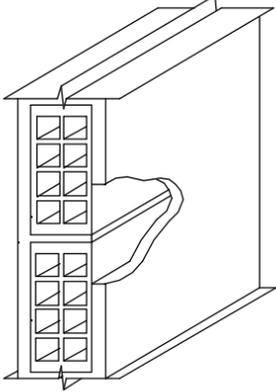
8.1.1. Sistemas de Vedações Verticais Interna e Externas - SVVIE

Para os sistemas de vedações verticais internas e externas, é verificado o atendimento de três critérios: transmitância térmica (U) de paredes externas, capacidade térmica (CT) de paredes externas e aberturas para ventilação.

8.1.1.1. Transmitância térmica e Capacidade térmica de paredes externas

A transmitância para paredes externas é calculada em função de alguns parâmetros que levam em consideração as dimensões dos blocos de vedação assim como sua composição, espessura das argamassas e conseqüentemente espessura total da parede. Neste sentido, a NBR 15220-3, a fim de parametrizar e facilitar a avaliação de desempenho para diferentes configurações da edificação, fornece um quadro, em que consta resultados de Transmitância Térmica, Capacidade Térmica e Atraso Térmico para diferentes geometrias de blocos e espessuras de argamassas (Quadro 1).

Quadro 1 – Transmitância térmica, capacidade térmica e atraso térmico⁹ para tijolo de 6 furos

Parede	Descrição	U [W/(m ² .K)]	CT [kJ/(m ² .K)]	φ (horas)
	<ul style="list-style-type: none"> • Parede de tijolos 8 furos quadrados, assentados na menor dimensão Dimensões do tijolo: 9,0x19,0x19,0 cm • Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm • Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm • Espessura total da parede: 14,0 cm 	2,49	158	3,3

Fonte: Adaptado de ABNT, 2005C, p. 19.

O quadro 2, expressa justamente a configuração dada pelo Edifício X, em que se tem as mesmas informações dada pelo quadro, ou seja:

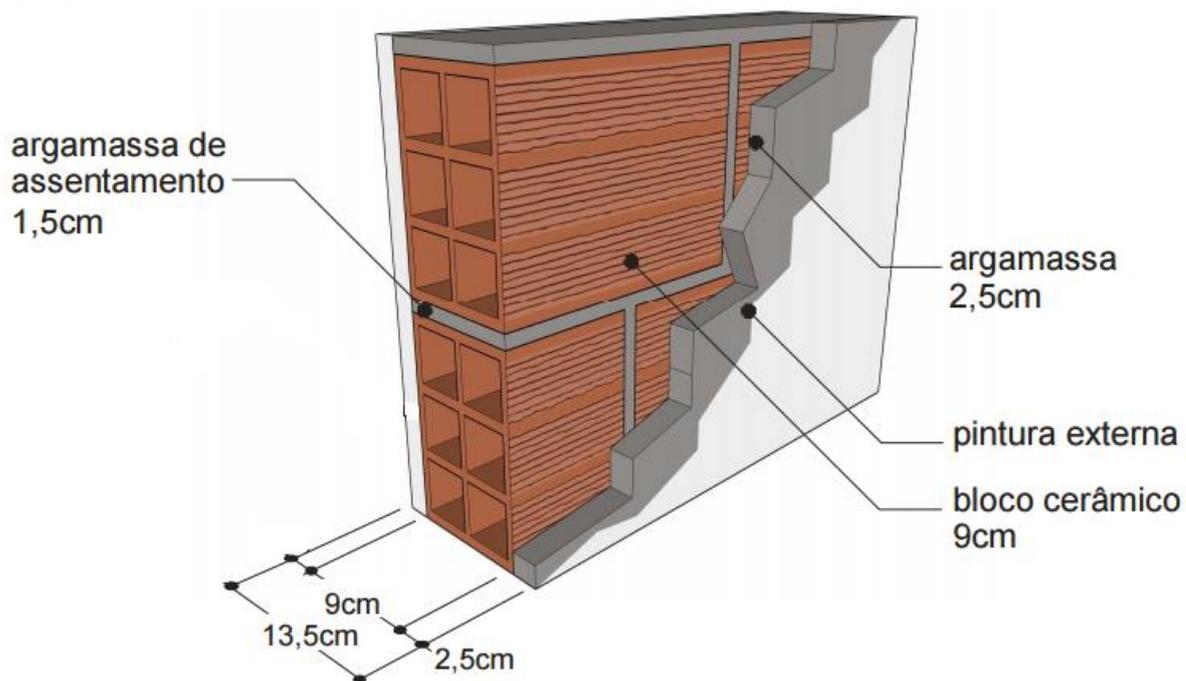
- Parede de tijolo de 8 furos (Figura 13);
- Dimensões do bloco: 9,0x19,0x19,0cm;
- Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm;
- Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm

⁹ Tempo transcorrido entre uma variação térmica em um meio e sua manifestação na superfície oposta de um componente construtivo submetido a um regime periódico de transmissão de calor.

Figura 13 – Tijolo utilizado do Edifício



Figura 14 - Configuração geométrica do sistema de vedação interna e externa do Edifício X



Logo, com base nestas informações, tem-se que os valores de transmitância e capacidade térmica para os sistemas de vedações verticais internas e externas, são os seguintes:

Transmitância Térmica = 2,49 [W/(m².K)];

Capacidade Térmica = 158 [kJ/(m².K)].

Assim, de posse dos valores de transmitância e capacidade térmica, é possível analisar o desempenho térmico da edificação com base nos critérios definidos pela norma.

Com a transmitância térmica igual a 2,49 [W/(m².K)] e a norma definindo a necessidade deste valor ser menor que 3,7 caso tenha-se uma absorptância à radiação solar (α) menor ou igual a 0,6 e menor ou igual a 2,5 para uma absorptância maior que 0,6, pode-se concluir que o Edifício X, atende ao critério mínimo de desempenho térmico para transmitância térmica das paredes externas igual a 2,49 [W/(m².K)].

Com a capacidade térmica das paredes externas igual a 158 [kJ/(m².K)], e a norma definindo a necessidade, para a zona bioclimática 7, deste valor ser maior ou igual a 130, pode-se concluir que, segundo os critérios estabelecidos pela NBR 15575/2013, o Edifício X atende ao critério estabelecido já que o valor encontrado (153) é superior ao mínimo necessário.

8.1.1.2. Aberturas para ventilação

Segundo a norma de desempenho, os ambientes de longa permanência (salas e dormitórios), devem apresentar aberturas com dimensões adequadas para proporcionar a ventilação interna dos ambientes.

Com base nesta afirmação e com os dados do memorial descritivo do Edifício X, é possível analisar o atendimento dos critérios para cada cômodo. O Primeiro passo é a definição das áreas efetivas de abertura de cada ambiente, além da área de piso de cada cômodo. A abertura de ventilação para os ambientes (quarto 1, quarto 2 e sala) é dada pela equação 3, já definida na metodologia:

$$A = 100 \times (A_A/A_P)$$

Onde:

- A_A é a área efetiva de abertura de ventilação do ambiente, sendo que para o cálculo desta área somente são consideradas as aberturas que permitem a livre circulação do ar, devendo ser descontadas as áreas de perfis, vidros e de

qualquer outro obstáculo; nesta área não são computadas as áreas de portas internas. No caso de cômodos dotados de portas-balcão ou semelhantes, na fachada da edificação, toda a área aberta resultante do deslocamento da folha móvel da porta é computada.

- A_p é a área de piso do ambiente.

Com base nesta equação e nos dados de projeto, é possível calcular as áreas aberturas para ventilação, estando os valores encontrados na Tabela 10 (abaixo).

Tabela 10 – Aberturas para ventilação

Cômodo	Área efetiva de ventilação (A_A)	Área de piso (A_P)	Abertura de ventilação (A)
Sala	$(0,40 \times 2,00) / 2 = 0,40 \text{ m}^2$ $(0,40 \times 1,35) / 2 = 0,27 \text{ m}^2$ Total sala = 0,67 m ²	17,02 m ²	3,94%
Quarto 1	$(1,60 \times 1,30) / 2 = 1,04 \text{ m}^2$	9,07 m ²	11,47%
Quarto 2	$(1,60 \times 1,30) / 2 = 1,04 \text{ m}^2$	10,74 m ²	9,68%

Com os resultados das áreas de ventilação, o próximo passo é verificar se os dados encontrados estão de acordo com os critérios definidos pela norma. Para a zona bioclimática 7, onde a cidade de Palmas está localizada, a exigência é de que os valores destas aberturas sejam maiores ou iguais a 7% da área de piso. Os valores encontrados para o quarto 01 e quarto 02 atendem ao critério mínimo estabelecido pela norma, no entanto, a sala não atende os requisitos mínimos estabelecido pela norma. A Tabela 11 (abaixo) resume os resultados.

Tabela 11 - Aberturas para ventilação - resumo resultados

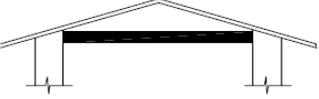
Cômodo	Área efetiva de ventilação (A_A)	Área do piso (A_P)	7% da área do piso	Abertura de ventilação (A)	Resultado
Sala	0,67 m ²	17,02 m ²	1,19 m ²	3,94%	Não atende
Quarto 1	1,04 m ²	9,07 m ²	0,63 m ²	11,47%	Atende
Quarto 2	1,04 m ²	10,74 m ²	0,75 m ²	9,68%	Atende

8.1.2. Sistemas de Cobertura

Conforme foi visto, para os sistemas de coberturas, só há um requisito de atendimento: transmitância térmica.

Para este caso, assim como nos sistemas de cobertas internas e externas, a norma 15220-3, traz, afim de parametrizar e facilitar a avaliação de desempenho, um quadro, em que consta resultados de Transmitância Térmica, Capacidade Térmica e Atraso Térmico para diferentes tipos de coberturas.

Quadro 2 – Transmitância térmica, capacidade térmica e atraso térmico para algumas coberturas

Cobertura	Descrição	U [W/(m ² .K)]	CT [kJ/(m ² .K)]	φ (horas)
	<ul style="list-style-type: none"> • Cobertura de telha de fibrocimento com forro de laje mista; • Espessura da telha: 0,7 cm; • Espessura da laje: 12,0 cm; • $R_t(\text{laje}) = 0,0900 \text{ (m}^2\cdot\text{K/W)}$; • $CT(\text{laje}) = 95 \text{ kJ/(m}^2\cdot\text{K)}$; 	1,93	106	3,6

Fonte: Adaptado de ABNT, 2005c, p.22.

Neste caso, tem-se, assim como na avaliação de desempenho para os sistemas de vedação internas e externas, valores calculados para transmitância, capacidade e atraso térmico coincidindo com a mesma configuração encontrado no Edifício X, logo, o valor de Transmitância térmica é o mesmo dado no quadro acima, ou seja, $U = 1,93 \text{ [W/(m}^2\cdot\text{K)]}$.

Com a absorvância térmica dada em razão da cor do edifício, e, este, por sua vez, sendo da cor ver claro, tem-se que o valor da absorvância é de 0,40, conforme valor dado pela tabela B.2 do anexo B da norma 15220.

Logo, para a zona bioclimática 7, definindo que para valores de absorvância menor ou igual a 0,4 a transmitância térmica para os sistemas de coberturas deve ser

menor ou igual a $2,3^{10}$ W/m²K. Assim, como 1,93 (U calculado) é menor que 2,3 (U como critério), pode-se concluir que o Edifício X atende aos critérios de desempenho térmico para os sistemas de coberturas.

8.2. Procedimento 2 – Medição in loco

Como exigência da norma, conforme descrito na metodologia, os valores de temperatura foram obtidos a partir do registro através da utilização do equipamento (Data Logger) durante três dias consecutivos, iniciando no dia 26/04/17 (Quarta) às 14:30 horas até o dia 29/04/17 (sábado) às 14:30 horas. No entanto, para efeito de avaliação e classificação de desempenho, serão, conforme exigência da norma, avaliados somente os valores do último dia.

Neste sentido, para um melhor entendimento da disponibilidade dos dados, optou-se por apresentar no primeiro momento uma análise dos os valores obtidos para os três dias, seguidos da avaliação do último dia.

Nesta lógica, é apresentado a seguir, uma tabela contendo um comparativo para os 3 dias, entre as temperaturas máximas, mínimas, médias e amplitude, com horário de ocorrência para os picos (máximos e mínimos).

Tabela 12 - Valores mínimos, máximos, médios e amplitudes aferidos para Temperatura, considerando os três dias de Coleta (26 a 29/04)

Temperatura dos Três dias – T (°C)						
Sensores	T mínima		T máxima		T média	Amplitude
		Hora		Hora		
Sala	29,84	06:35 ³	30,87	14:30 ¹	30,18	1,03
Quarto 1	28,79	07:07 ¹	32,48	08:18 ²	30,5	3,69
Quarto 2	29,76	06:20 ³	33,05	10:07 ²	31,28	3,28
Externo Sol	23,01	02:10 ¹	48,15	14:31 ²	30,98	25,14
Externo Sombra	23,00	12:43 ²	33,64	14:43 ²	27,77	10,64

1 - Horário aferido no primeiro dia

2 - Horário aferido no segundo dia

3 - Horário aferido no terceiro dia

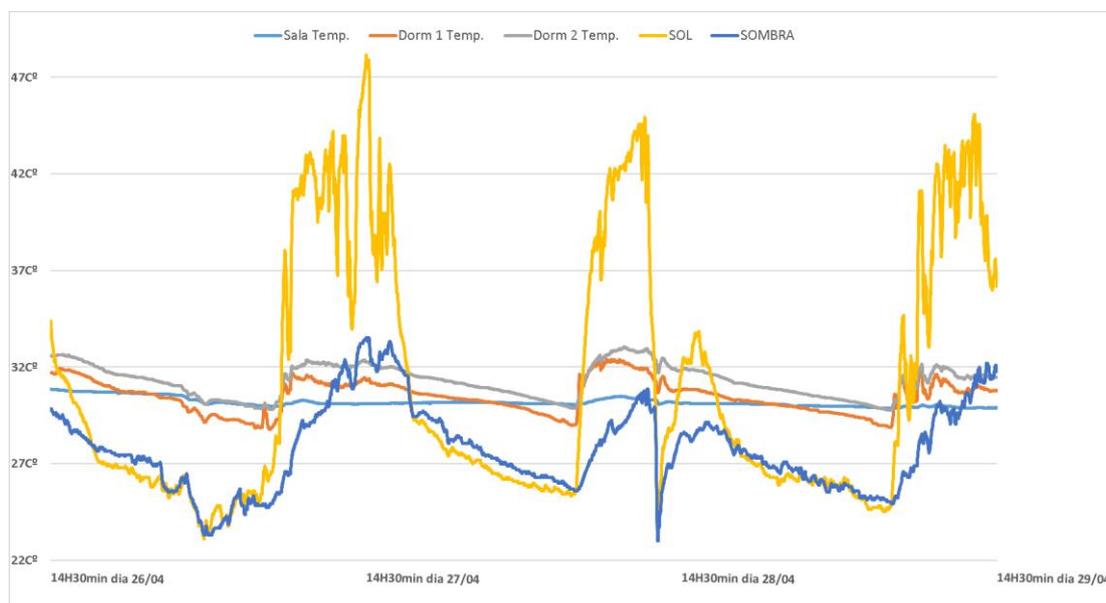
¹⁰ Adotando Fator de Ventilação igual a 1 (átrios não ventilados). Em todo caso, o valor de FV é dado pela seguinte equação: $FV = 1,17 - 1,07 \times h^{-1,04}$.

Com base nas informações da tabela acima, é possível perceber as ocorrências das temperaturas máximas em cada um dos cômodos e também nos dois sensores de temperatura externa. Temos que a máxima temperatura (48,15°C) registrada durante os três dias de medições, ocorreu no primeiro dia no sensor posicionado diretamente ao sol, e como era de se esperar durante o período vespertino às 14h e 31 min. Para os ambientes internos, a maior temperatura (33,05°C) ocorreu no quarto 2 no segundo dia de medição às 10h e 07 min. Por sua vez, a maior amplitude relacionada entre a máxima e a mínima registrada em cada sensor durante os 3 dias, foi de 25,14°C no sensor externo ao sol.

Além disso, nota-se altas temperaturas médias para todos os ambientes e sensores, devendo-se destacar que a temperatura média dos ambientes internos é superior às temperaturas médias nos ambientes externos. Este fato pode ser entendido, na medida em que, embora haja registro de maiores temperaturas máximas para os sensores externos, há também registros de menores temperaturas mínimas nestes mesmos sensores. Os valores na verdade, refletem a variação real da temperatura, sem influência de fatores de vedação e/ou cobertura, como acontece numa edificação, por exemplo.

O Gráfico 1 (a seguir), apresenta todas as variações descritas acima, para todos os sensores durante os 3 dias de medição. Conforme já especificado, o Data Logger foi programado para registro a cada um minuto.

Gráfico 1 - Variação de temperatura em todos os sensores durante os três dias de medição

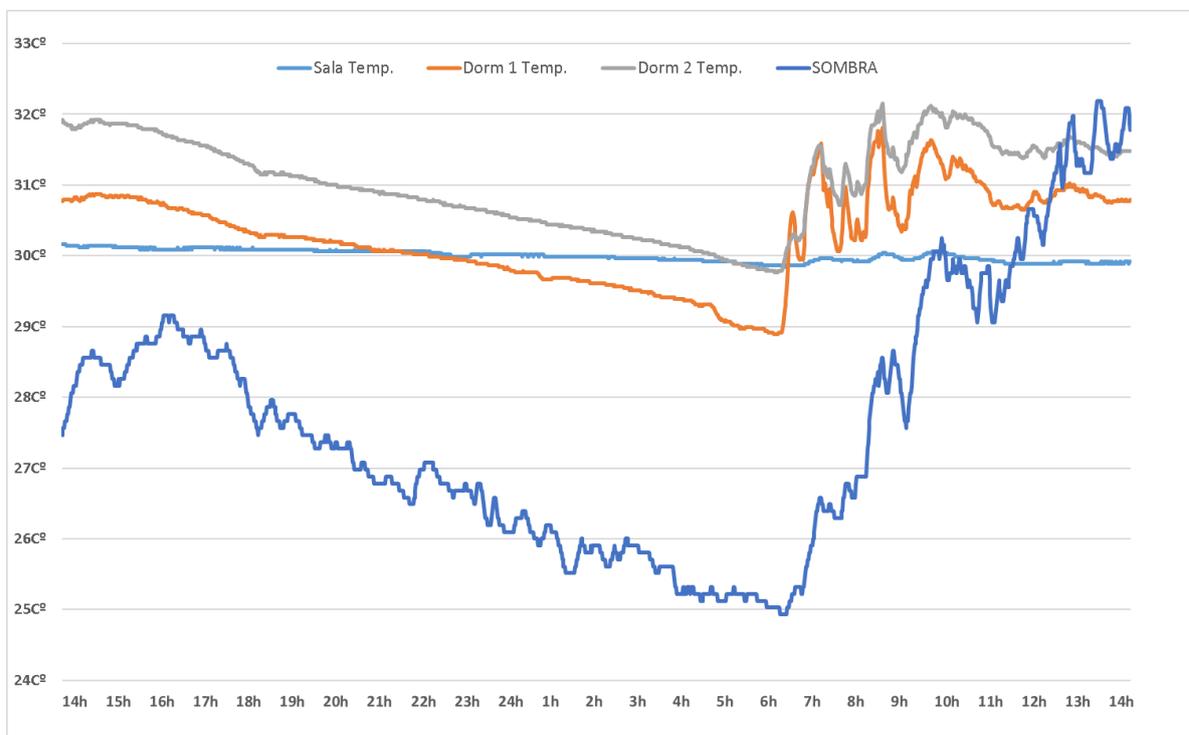


A análise destas informações é importante para reforçar a necessidade da medição em mais de um dia, comprovando que o terceiro dia não se trata de um fenômeno ocorrido fora da linha de desenvolvimento dos dias anteriores. Assim, tem-se uma linha de desenvolvimento para os sensores internos com pouca amplitude e por sua vez amplitudes bem superiores nos ambientes externos, repetindo-se este mesmo desenvolvimento durante os três dias e também com horários muito parecidos.

A partir desta comprovação de variação constante dos dados, tem-se a validação para utilização dos dados do último dia, onde a avaliação de desempenho será efetivada.

Assim, é apresentado a seguir, o gráfico (gráfico 2) contendo todos os dados do registro do último dia para todos os sensores, com exceção do sensor de temperatura externa ao sol, já que a norma prescreve que a avaliação deve levar em consideração somente a temperatura à sombra. O uso deste sensor exposto direto à radiação solar, foi necessário para verificação e validação dos dados deste último dia.

Gráfico 2 - Variação de temperatura em todos os sensores durante o último dia de medição



Conforme pode ser observado no gráfico acima, tem-se uma temperatura externa à sombra o maior valor às 13h e 44 min com 32,18°C. Este mesmo sensor também apresentou a menor temperatura entre todos os registros com 24,93°C às 06h e 37 min. Além disso, percebe-se uma variação não linear no sensor externo à sombra, ocasionado por uma chuva rápida, com início em torno das 09h e 20min da manhã fazendo com que a temperatura caísse em torno de 1°C (um grau Celsius) em um curto intervalo de tempo. É necessário registrar que, igual nos dias anteriores, as maiores temperaturas do sensor externo à sombra foram registradas entre as 13h e 14h e 30min.

As temperaturas máximas para os ambientes internos: Sala, Quarto 1 e Quarto 2, foram de 30,14°C (14:34h), 31,81°C (08:49) e 33,05°C (10:07) respectivamente.

A tabela abaixo (Tabela 13) resume as informações das temperaturas máximas e mínimas para cada sensor utilizado no estudo:

Tabela 13 - Valores mínimos, máximos, médios e amplitudes aferidos para Temperatura, considerando o último dia de Coleta

Temperatura do Último dia – T (°C)						
Cômodos	T mínima		T máxima		T média	Amplitude
		Hrs		Hrs		
Sala	29,84	06:35	30,14	14:34	29,99	0,3
Quarto 1	28,89	06:25	31,81	08:49	30,26	2,92
Quarto 2	29,76	06:25	32,15	08:49	31,02	2,39
Externo Sol	24,54	05:51	45,07	12:49	30,98	20,53
Externo Sombra	24,93	06:26	32,18	13:44	27,77	7,25

Para fins de análise da avaliação de desempenho térmico, a norma define como requisito mínimo de desempenho que a temperatura interna máxima seja menor ou igual à temperatura externa máxima. Neste sentido, é apresentado abaixo uma tabela (tabela 14) contendo os valores de temperaturas máximas e o horário de sua ocorrência, bem como um comparativo, entre o registro destas temperaturas e o valores simultâneos em todos os outros sensores.

Esta tabela foi construída com o objetivo de elucidar uma possível lacuna da norma, já que não há uma definição sobre como considerar a temperatura máxima de cada sensor no efeito comparativo para se obter o resultado de desempenho, logo, com a tabela em mãos é possível concluir por exemplo que no momento que ocorre a temperatura máxima em cada um dos sensores internos, ter-se-á uma temperatura externa menor que a máxima registrada para o este mesmo sensor interno.

Tabela 14 – Temperaturas máximas e um comparativo entre todos os sensores.

Hora	Cômodo	T. máxima	Comparativo	Temperatura	Amplitude
14:34	Sala	30,14	Quarto 1	30,84	-0,7
			Quarto 2	31,86	1,72
			Externo Sombra	28,55	1,59
14:52	Quarto 1	31,81	Sala	30,04	1,77
			Quarto 2	32,15	0,34
			Externo Sombra	28,55	3,26
14:52	Quarto 2	32,15	Sala	30,04	2,11
			Quarto 1	31,81	0,34
			Externo Sombra	28,55	3,6
10:48	Externo Sombra	32,18	Sala	29,89	2,29
			Quarto 1	30,84	1,34
			Quarto 2	31,53	0,65
			Externo Sol	39,84	7,66

Ou seja, considerando o critério desempenho a ser analisado, a tabela 15 (a seguir), expõe os resultados encontrados para cada cômodo:

Tabela 15 – desempenho térmico – Procedimento 2 (Medição in loco) – Resultados

Ambiente	Temperatura máxima	Temperatura máxima externa (sombra)	Amplitude	Resultado	Critério utilizado
Sala	30,14	32,18	2,04	Atende - Nível Intermediário de desempenho	$T_{i,max} \leq (T_{e,max} - 2C^\circ)$
Quarto 1	31,81		0,37	Atende - Nível Mínimo de desempenho	$T_{i,max} \leq T_{e,max}$
Quarto 2	32,15		0,03	Atende - Nível Mínimo de desempenho	$T_{i,max} \leq T_{e,max}$

9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos objetivos propostos, considera-se satisfatórios os resultados alcançados no estudo, sobretudo, considerando as dificuldades encontradas, já que se trata de um tema ainda pouco explorado, em razão de pouco tempo da vigência da norma.

Logo, evidenciou-se o atendimento parcial dos critérios de desempenho térmico para o Edifício X, sendo para o método simplificado o critério de aberturas para ventilação, a sala do edifício estudo teve resultado insatisfatório.

A partir desse resultado, conclui-se que a área de ventilação tem influência significativa no desempenho térmico dos ambientes de permanência prolongada, tendo em vista que a sala teve uma amplitude diária de temperatura interna, de apenas 0,30 °C, gerando uma alta média de temperatura no período noturno, horário onde a maioria das famílias encontram-se nos seus recintos familiares. Os quartos obtiveram resultados satisfatórios, podendo relacionar com suas consideradas amplitudes diárias de temperatura, que teve como valor 2,39 e 2,91 °C.

Considerando o procedimento de medição *in loco*, todos os ambientes tiveram resultados satisfatório, sendo para os quartos o nível de desempenho foi mínimo.

Neste estudo ficou evidente que um fator deve ser obrigatoriamente considerado na análise de desempenho estabelecido pela norma 15575: a amplitude diária da temperatura do ar do dia típico de projeto. Também se percebeu outras lacunas necessárias de solução no que dizem respeito à aplicação da norma e até mesmo em relação aos critérios utilizados. Entre as lacunas, pode-se citar, por exemplo, quais os equipamentos poderão ser utilizados para realização da medição *in loco*, já que a norma afirma que as especificações poderão ser encontradas na norma ISO 7726, no entanto, esta norma traz apenas as informações da localização e altura a ser utilizada na medição

Outro ponto importante, que merece destaque, está relacionado aos valores das temperaturas encontrados na medição *in loco*, em que, como a norma estabelece que para atendimento é necessário somente que a temperatura máxima interna seja menor que a temperatura máxima externa, tem-se que para este estudo foi verificado este atendimento, ou seja, as temperaturas de todos os ambientes do interior do apartamento possuíram temperaturas máximas menores que as temperaturas máximas externas.

No entanto, conforme análise do gráfico 2, percebe-se que a maior parte do dia analisado, a temperatura externa era inferior a temperatura interna, ou seja, possuiu um desempenho térmico insatisfatório.

Além disso, tem-se aqui uma crítica aos parâmetros utilizados pela norma, já no caso do registro acima, seus resultados não refletem o desempenho térmico com o propósito da norma, ao contrário, embora não possa afirmar-se, os resultados refletem uma pontualidade e não seu verdadeiro desempenho.

Outro ponto a ser alertado em relação ao método simplificado, é que os resultados obtidos não podem ser generalizados para edificações com o mesmo tipo de material nem com o mesmo projeto arquitetônico. Portanto, é sempre necessário que a medição deva ser feita no local do estudo, em virtude da ocorrência de microclimas numa mesma cidade. O uso de dados climáticos de temperatura, devem obrigatoriamente considerar o ambiente em que o estudo será realizado, para que não haja desvios consideráveis que possam comprometer o resultado final do estudo.

Neste sentido, a norma de desempenho caracteriza um avanço significativo no que diz respeito primeiramente ao atendimento de padrões mínimos necessários com vista aos requisitos dos usuários e conseqüentemente a favor da segurança, à favor de ambientes que favoreçam o conforto necessário que caracterize a salubridade e à saúde dos usuários, enfim, que possam caracterizar e imprimir, através da escolha dos materiais e do projeto, ambientes alinhados com os critérios e requisitos mínimos especificados como necessários ao desempenho não somente da norma, mas sobretudo aos requisitos de desempenho que favoreçam os usuários e suas necessidades.

10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Normatização**. Disponível em: www.abnt.org.br/normatizacao, acesso em 10 de julho de de 2016 às 22h.

_____. **ABNT NBR 15575-1** – Edificações habitacionais – Desempenho – Requisitos Gerais, Rio de Janeiro, 2013a.

_____. **ABNT NBR 15575-2** – Edificações habitacionais – Desempenho – Requisitos para os sistemas estruturais, Rio de Janeiro, 2013b.

_____. **ABNT NBR 15575-3** – Edificações habitacionais – Desempenho – Requisitos para os sistemas de pisos, Rio de Janeiro, 2013c.

_____. **ABNT NBR 15575-4** – Edificações habitacionais – Desempenho – Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas, Rio de Janeiro, 2013d.

_____. **ABNT NBR 15575-5** – Edificações habitacionais – Desempenho – Requisitos para os sistemas de coberturas, Rio de Janeiro, 2013e.

_____. **ABNT NBR 15575-6** – Edificações habitacionais – Desempenho – Requisitos para os sistemas hidrossanitários, Rio de Janeiro, 2013f

_____. **ABNT NBR 15575** – Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos - Desempenho. Rio de Janeiro, 2008.

_____. **ABNT NBR 15220-1** - Desempenho térmico de edificações Parte 1: Definições, símbolos e Unidades. Rio de Janeiro, 2005a.

_____. **ABNT NBR 15220-2** - Desempenho térmico de edificações Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro, 2005b.

_____. **ABNT NBR 15220-3** - Desempenho térmico de edificações Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, 2005c.

Desempenho térmico de edificações Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, 2005c.

BORGES, Carlos Alberto de Moraes. **O conceito de desempenho de edificações e sua importância para o setor de construção civil no Brasil**. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – 2008, p.263.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Habitação Avanços e **Desafios: Política Nacional de Habitação** – Ministério das Cidades, Secretaria Nacional de Habitação. Brasília, 2010, 96 p.

BRITO, A. C. *et al.* Contribuições Para o Aprimoramento da NBR 15575 Referente ao Método Simplificado de Avaliação de Desempenho Térmico de Edifícios. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. 14., Juiz de Fora, 2012. **Anais...** Juiz de Fora: ANTAC, 2012.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Desempenho de edificações habitacionais: guia orientativo para atendimento à norma ABNT NBR 15575/2013.** Fortaleza: Gadioli Cipolla Comunicação, 2013.

FROTA, A. B. & SCHIFFER, S. R. **Manual de conforto térmico:** arquitetura, urbanismo. 5. ed. — São Paulo: Studio Nobel, 2001.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. **Déficit habitacional municipal no Brasil.** Fundação João Pinheiro. Centro de Estatística e Informações – Belo Horizonte, 2013.

GRIGOLETTI, G. C.; SATTLER, M. A. Método de Avaliação Global de Desempenho Higrotérmico de Habitações de Interesse Social Para Porto Alegre, RS, Brasil. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 10, n. 2, p. 101-114, abr./jun. 2010.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). General Principles on the Design of Structures for Durability. **ISO 13823.** Geneva: ISO/TC, 2008.

JOHN, V.M & SATO, N. M. N. Durabilidade de Componentes da Construção. In: Construção e Meio Ambiente / Editores Miguel Aloysio Sattler [e] Fernando Oscar Ruttkay Pereira. — Porto Alegre: ANTAC, 2006. — (Coleção Habitare, v. 7).

KAPPAUN, K. **Avaliação do desempenho térmico em edificações de blocos estruturais cerâmicos e de blocos estruturais de concreto para a zona Bioclimática 2 brasileira.** Dissertação (Mestrado). 125 f. Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, 2012.

LORENZI, L. S. Análise crítica e proposições de avanço nas metodologias de ensaios experimentais de desempenho à luz da ABNT NBR 15575 (2013) para edificações de interesse social térreas. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2013. 245f.

LOURA, R. M.; ASSIS, E. S.; BASTOS, L. E. G. Análise Comparativa Entre Resultados de Desempenho Térmico de Envoltórias de Edifício Residencial Gerados Por Diferentes Normas Brasileiras. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 11., Búzios, 2011. **Anais...** Búzios, 2011.

MARQUES, T. H. T.; CHVATAL, K. M. S. **A Review of the Brazilian NBR15575 Norm:** applying the simulation and simplified methods for evaluating a social house thermal performance. In: SYMPOSIUM ON SIMULATION FOR ARCHITECTURE AND URBAN DESIGN, 4., San Diego, 2013. **Proceedings...** San Diego, 2013.

OLIVEIRA, R. D.; SOUZA, R. V. G.; SILVA, R. M. **Desempenho Térmico:** qual valor devemos atender para a legislação brasileira? In: ENCONTRO NACIONAL DE

CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 12., Brasília, 2013. **Anais...** Brasília: ANTAC, 2013.

PAZ, Luis Hildebrando Ferreira. A Influencia da vegetação sobre o clima urbano de Palmas – TO. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília. Brasília- DF, 2009. 169 f.

PERALTA, G. **Desempenho térmico de telhas: análise de monitoramento e normalização específica.** Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, 2006, p.130.

POSSAN, E.; DEMOLINER, C. A. **Desempenho, Durabilidade E Vida Útil Das Edificações: Abordagem Geral.** Revista científica, 2014.

ROSSO, T. **Racionalização na construção civil.** São Paulo, FAU/USP, 1980.

ROTTA, R. **Desempenho térmico de edificações multifamiliares de interesse social em conjuntos habitacionais na cidade de Santa Maria – rs.** Dissertação (Mestrado). 134 f. Universidade Federal de Santa Maria, 2009.

SOARES, S. R.; SOUZA, D. M. E PEREIRA, S. W. A avaliação do ciclo de vida no contexto da construção civil. In: Construção e Meio Ambiente / Editores Miguel Aloysio Sattler [e] Fernando Oscar Ruttkay Pereira. — Porto Alegre : ANTAC, 2006. — (Coleção Habitare, v. 7).

SORGATO, M. J.; MELO, A. P.; MARINOSKI, D. L.; LAMBERTS, R. Análise do procedimento de simulação da NBR 15575 Para avaliação do desempenho térmico de edificações residenciais. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 14, n. 4, p. 83-101, out./dez. 2014.

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.

SORGATO, M. J. et al. **Nota técnica referente à avaliação para a norma de desempenho NBR 15575 em consulta pública.** Universidade Federal de Santa Catarina. LABEEE - Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. 2012.