



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 1.162, de 13/10/16, D.O.U nº 198, de 14/10/2016
ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL

RAFAEL BONATTO JÚNIOR

ESTUDO COMPARATIVO PARA VERIFICAÇÃO DE TEMPERATURA E UMIDADE
COM USO DE BRISE E VENTILAÇÃO CRUZADA EM CÉLULAS TESTE NA
CIDADE DE PALMAS-TO

Palmas – TO

2018

Rafael Bonatto Júnior

ESTUDO COMPARATIVO PARA VERIFICAÇÃO DE TEMPERATURA E UMIDADE
COM USO DE BRISE E VENTILAÇÃO CRUZADA EM CÉLULAS TESTE NA
CIDADE DE PALMAS-TO

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

Orientador: Prof. Me. Murilo Marcolini

Palmas – TO

2018

Rafael Bonatto Júnior

ESTUDO COMPARATIVO PARA VERIFICAÇÃO DE TEMPERATURA E UMIDADE
COM USO DE BRISE E VENTILAÇÃO CRUZADA EM CÉLULAS TESTE NA
CIDADE DE PALMAS-TO

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

Orientador: Prof. Me. Murilo Marcolini

Aprovado em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Me. Murilo Marcolini

Orientador

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

Prof. Me. Thiago Phellip França Freitas

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

Prof. Me. Ygor Freitas de Almeida

Instituto Tocantinense Presidente Antônio Carlos – ITPAC

Palmas – TO

2018

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus em primeiro lugar

Aos meus Pais pelo incentivo e apoio que não me deixaram desistir

A toda minha família

Aos professores do Ceulp/Ulbra pelos ensinamentos

A todos que direta e indiretamente contribuíram para realização deste trabalho

“Seja você quem for, seja qual for a posição social que você tenha na vida, a mais alta ou a mais baixa, tenha sempre como meta muita força, muita determinação e sempre faça tudo com muito amor e com muita fé em Deus, que um dia você chega lá. De alguma maneira você chega lá.”

Ayrton Senna

RESUMO

BONATTO, Rafael Júnior. **Estudo comparativo para verificação de temperatura e umidade com uso de brise e ventilação cruzada em células teste na cidade de Palmas-TO**. 2018. 54f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas/TO, 2018.

O objetivo dessa pesquisa foi verificar o desempenho da temperatura e umidade em células-teste, com o uso técnicas de arrefecimento passivo como o brise de soleil e ventilação cruzada na cidade de Palmas-TO, comparar os resultados das técnicas implementadas em uma célula com a outra célula sem nenhuma técnica, e posteriormente avaliar qual obteve melhor eficiência. Os brises têm como função principal diminuir incidência da radiação solar antes que ela atinja a fachada e, conseqüentemente, o ambiente interno, reduzindo o calor recebido. A ventilação cruzada tem como função proporcionar uma melhor circulação do ar interna reduzindo tanto a temperatura como a umidade. Foram realizadas análises comparativas das temperaturas e umidade internas com uma célula utilizando brise na janela e outra sem, posteriormente foram realizadas análises comparativas das temperaturas e umidade interna com uma célula onde foi feita aberturas para ventilação cruzada e outra sem. Ao final foram comparadas as técnicas aplicas para avaliar qual obteve uma melhor eficiência.

Palavras-chave: Conforto térmico. Células teste. Brise de soleil. Ventilação cruzada.

ABSTRACT

BONATTO, Rafael Júnior. **Estudo comparativo para aferição de temperatura e umidade em células teste com uso de brise e/ou ventilação cruzada na cidade de Palmas-TO**. 2018. 54f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas/TO, 2018.

The objective of this research was to evaluate temperature and humidity performance in test cells, using passive cooling techniques such as brise de soleil and cross ventilation in the city of Palmas-TO, to compare the results of the techniques implemented in a cell with e another cell without any technique, and then evaluate which one obtained better efficiency. Comparative analyzes of internal temperatures and humidity were carried out with one cell using brise in the window and another without comparative analyzes of temperatures and internal humidity with a cell where openings were made for cross ventilation and without. In the end, the applied techniques were compared to evaluate which one obtained better efficiency. The brises have as their main function to reduce the incidence of solar radiation before it reaches the façade and, consequently, the internal environment, reducing the heat received. Cross ventilation is intended to provide better indoor air circulation by reducing both temperature and humidity. The study pointed out that the use of cross ventilation was more efficient in relation to the use of brise.

Key-words: Thermal comfort. Test cells. Brise de soleil. Cross ventilation.

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1: Mapa das Zonas Bioclimáticas Brasileiras.	25
Figura 2: Brise de soleil.....	28
Figura 3: ventilação cruzada.....	29
Figura 4: Campus UFT - Palmas.	30
Figura 5: Local de Estudo.....	31
Figura 6: Células de Estudo.....	32
Figura 7: Campanha 1: Brise Soleil.....	34
Figura 8: Campanha 2 : Ventilação Cruzada.....	34
Figura 9: Datalogger Hobo.....	35
Figura 10: Estação Automática INMET em Palmas-TO.....	35
Figura 11: Croqui das Células e Posição dos Equipamentos.....	36
Figura 12: Posição Datalogger Hobo.....	37
Figura 13: Ciclo de Verificação da Temperatura e Umidade.....	38
Figura 16: Temperatura Ambiente – Brise (boxplot).....	40
Figura 17: Umidade Ambiente (boxplot) - Brise.....	41
Figura 18: Temperatura Ambiente (boxplot) - Ventilação Cruzada.....	43
Figura 19: Umidade Ambiente (boxplot) - Ventilação Cruzada.....	44

LISTAS DE TABELAS

Tabela 1: Vida útil de projeto mínima e superior (VUP)	20
Tabela 2: Critério de avaliação de desempenho térmico para condições de verão	23
Tabela 3: Níveis de umidade	24
Tabela 4: Condutividade e Resistência térmicas	33
Tabela 5: Localização Datalogger Hobo	37
Tabela 6: cronograma campanhas	38
Tabela 9: Temperatura (°C) - Brise	40
Tabela 10: Umidade (%) - Brise Soleil	41
Tabela 11: Temperatura (°C) - Ventilação Cruzada	43
Tabela 12: Umidade (%) - Ventilação Cruzada.....	44
Tabela 13: Diferença da média de Temperatura da Célula 01 x Célula 02	45

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Médias mensais da temperatura e precipitação no estado do Tocantins	26
Gráfico 2: Verificação Temperatura Datalogger Hobo	39
Gráfico 3: Verificação Umidade Datalogger Hobo	39
Gráfico 4: Temperatura Ambiente.....	39
Gráfico 6: Temperatura Ambiente - Brise	40
Gráfico 7: Umidade Ambiente - Brise.....	41
Gráfico 8: Temperatura Ambiente - Ventilação Cruzada.....	43
Gráfico 9: Umidade Ambiente - Ventilação Cruzada	44

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CEULP	Centro Universitário Luterano de Palmas
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
OMS	Organização Mundial de Saúde
ULBRA	Universidade Luterana do Brasil
SEPLAN	Secretaria do Planejamento
UFT	Universidade Federal do Tocantins

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	PROBLEMA DE PESQUISA.....	13
1.2	OBJETIVOS.....	14
1.2.1	Objetivo Geral.....	14
1.2.2	Objetivos Específicos.....	14
1.3	JUSTIFICATIVA.....	15
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	16
2.1	O CONCEITO DE DESEMPENHO NA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	16
2.2	DESEMPENHO: EXIGÊNCIAS DOS USUÁRIOS E CONDIÇÕES DE USO..	17
2.3	VIDA ÚTIL.....	19
2.4	DESEMPENHO TÉRMICO.....	21
2.5	CONFORTO TÉRMICO.....	21
2.6	TEMPERATURA.....	22
5.1.1.1	Umidade Relativa do ar.....	23
2.7	ZONEAMENTO BIOCLIMÁTICO BRASILEIRO.....	24
2.8	CARACTERÍSTICAS BIOCLIMÁTICAS DA CIDADE DE PALMAS-TO.....	25
2.9	USO DE CÉLULAS TESTE COMO ESTUDO.....	26
2.1.1	BRISE-SOLEIL - ALTERNATIVA PARA PROTEÇÃO SOLAR.....	27
2.2.2	VENTILAÇÃO CRUZADA.....	28
3	METODOLOGIA	30
3.1	CÉLULAS DE ESTUDO.....	31
3.2	RESISTÊNCIA TÉRMICA PAREDES.....	32
3.3	TÉCNICAS IMPLEMENTADAS.....	33
3.3.1	Enquadramento.....	33
3.3.2	Descrições das Aplicações das Técnicas.....	33

3.3.3	Equipamento Datalogger Hobo.....	34
3.3.4	Estação Meteorológica de Palmas-TO	35
3.3.5	Posicionamento dos Equipamentos	35
3.3.6	Tratamento dos dados.....	37
3.3.7	Cronograma de Aferições.....	38
3.4	VERIFICAÇÃO RELATIVA OS EQUIPAMENTOS	38
3.4.1	Datalogger Hobo	38
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	40
4.1	DADOS CLIMÁTICOS - BRISE SOLEIL	40
4.1.1	Temperatura	40
4.1.2	Umidade	41
4.1.3	Discussão dos Resultados - Brise Soleil	42
4.2	DADOS CLIMÁTICOS - VENTILAÇÃO CRUZADA	42
4.2.1	Temperatura	42
4.2.2	Umidade	43
4.2.3	Discussão dos Resultados - Ventilação Cruzada.....	44
4.3	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS - COMPARATIVO BRISE DE SOLEIL X VENTILAÇÃO CRUZADA	45
5	CONCLUSÃO	46
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47

1 INTRODUÇÃO

Diante do cenário atual com decorrentes notícias sobre o aumento da temperatura global no planeta, a sociedade tem-se preocupado cada vez mais em buscar novas técnicas que contribuam com a adaptação do homem e a natureza focando na sustentabilidade.

Diante dos desafios de assegurar ambientes cada vez mais confortáveis, visando o desempenho mínimo exigido pela NBR 15575/20013 e valores de referencia determinados pela OMS, salientando o uso de materiais para melhorar o conforto dos usuários. Buscando sempre uma melhoria no processo construtivo e focando na sustentabilidade.

O presente estudo visa comparar a temperatura e umidade em protótipos utilizando brise de soleil e ventilação cruzada.

A construção civil diante da crise que se instalou no país, busca de forma sistemática reduzir custos, materiais e métodos que possam assegurar uma melhor economia no processo construtivo de modo geral, uma dessas variáveis está relacionada diretamente com futuros problemas patologia relacionada ao clima, além de garantir o mínimo de conforto aos usuários.

Diante da necessidade de avaliar os diferentes tipos de materiais para a vedação térmica e umidade relativa do ar, levando em consideração os fatores climatológicos da cidade de Palmas, à vista disso buscando soluções que possa integrar os requisitos mínimos de conforto, materiais e técnicas consistentes para aferir os dados coletados e analisa-los de forma objetiva.

1.1 Problema de Pesquisa

Soluções arquitetônicas que levem consideração fatores de sustentabilidade em todas as fases de projeto têm sido amplamente discutidas 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.

A utilização de células teste (protótipos) para verificação do conforto térmico serve como parâmetro para a simulação em edificações tradicionais.

Tendo em vista essa monografia contempla um problema de pesquisa: Quais os materiais e técnicas pode se tornar eficaz diante das exigências mínimas levando em consideração o uso do brise e ventilação cruzada utilizada para melhorar conforto térmico para os moradores na cidade de Palmas?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

Esta monografia consiste em verificar o desempenho de diferentes técnicas de arrefecimento passivo para melhoria do conforto térmico em climas quentes, utilizando células teste para aferir os dados climáticos na cidade de Palmas-TO.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Aferir a temperatura e umidade em células teste.
- Comparar o desempenho térmico com uso de brise e outro sem nas células teste.
- Comparar o desempenho térmico com ventilação cruzada e outro sem nas células teste.
- Avaliar qual técnica apresentou melhores resultados.

1.3 Justificativa

Considerando que as diferenças climáticas da Terra são basicamente advindas da energia solar, torna-se indispensável a posse de elementos para avaliar qual a carga térmica que determinada edificação ou espaço ao ar livre receberá nas diversas horas do dia e nas várias épocas do ano.(FROTA; SHIFFER, 2001,p.15-16)

Os estudos de conforto térmico tiveram nos últimos anos, um aumento de interesse por parte dos pesquisadores, sendo que as normas existentes englobam estudos sobre todas as variáveis que influenciam no conforto térmico, quer sejam em ambientes condicionados ou não” (LAMBERTS; XAVIER, 2008, p. 6)

Diante dessa questão o desempenho térmico verificou-se a necessidade de uma concepção de ambientes agradáveis para os usuários, delimitando os padrões mínimos de conforto, além de minimizar futuras patologias reduzindo custos utilizando materiais e métodos de boa qualidade.

Para FROTA; SHIFFER (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.

Assim, a justificativa desse trabalho engloba o clima na cidade de Palmas-TO, as exigências mínimas da temperatura interna das edificações para melhor conforto dos usuários, verificação de futuros problemas patológicos devido ao clima e determinar materiais que possam garantir melhor conforto térmico no projeto e execução de edificações.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O Conceito De Desempenho Na Construção Civil

Segundo Frota e Schiffer (2001) a contextualização de desempenho está relacionada a ação ou efeito de cumprimento, obrigação ou promessa na execução de rendimento comparados a metas previamente definidas. O desempenho de uma construção está relacionado ao cumprimento ou não, dá sua obrigatoriedade durante sua vida útil, pois devido a sua exposição tem como função exercer de forma sistêmica seu objetivo planejado durante toda sua vida útil.()

O processo de conceito de desempenho na construção civil está sendo estudado em todo o mundo, seguindo essa tendência, no Brasil, na década de 70, realizaram os primeiros estudos acadêmicos no país, primeiramente visando economia na construção, posteriormente buscando durabilidade. Na década de 70, houve o chamado milagre econômico brasileiro, em razão do forte crescimento econômico que pode proporcionar o desenvolvimento de setores estratégicos da economia. A construção civil foi um desses setores beneficiados com programas de financiamento. Desta forma a industrialização criou a necessidade de inovar em materiais e métodos o setor da construção civil no país. A consequência disso, foi o desenvolvimento de novos sistemas construtivos em substituição aos métodos convencionais, além de uma série de propostas de uso de novos materiais. (BORGES, 2008).

Com isso, também houve a consequência de criar ferramentas para avaliar os novos materiais de forma benéfica através de estudos que fossem capaz de verificar e validar de forma técnica o uso e a qualidade durante toda a vida útil desses novos meios construtivos.

Segundo Borges (2008) houve uma benéfica consequência, na década de 80, onde foram realizada uma serie de estudos sobre o tema desempenho na construção civil, tendo o Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, como a instituição que se destacou sobre o tema com a publicação do relatório 16277 intitulado: Formulação de critérios para avaliação do desempenho de habitações – IPT (1981), e também 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.

Em especial vale destacar o trabalho realizado pelo IPT (1981), como o principal documento precedente há norma regulamentadora utilizado para definir parâmetros a serem atingidos no caso particular do Banco Nacional de Habitação, que contratou o IPT, com o objetivo de resolver os problemas surgidos decorrentes das soluções inovadoras, o investimento em estudos para criação de normas voltadas para essas soluções inovadoras de desempenho. Portanto, considerado o primeiro trabalho desenvolvido no país a ter como principal objetivo o conceito de desempenho.

O processo de regulamentação para elaboração de uma norma abrangente teve início com a revisão da bibliografia nacional e internacional que tratava sobre o tema, posteriormente, 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.

2.2 Desempenho: Exigências dos Usuários e Condições de uso

A norma de Edificações Habitacionais – Desempenho (ABNT NBR 15575-1) constitui como foco definindo de forma clara seu objetivo, delimitando que os critérios de desempenho atendam unicamente às determinações 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 NBR 15575-1, 2013, p.3)

Seguindo a premissa observa-se dois desafios no comprimento ao atendimento dos mínimos critérios de desempenho abordados pela norma, o primeiro refere-se a necessidade de se traduzir de maneira objetiva as necessidades primordiais dos usuários, já que, as especificações devem atender às exigências dos proprietários dos imóveis, sendo portanto uma mensuração de caráter subjetivo, já que necessidades variam de usuário para usuário, levando em consideração fatores temporais, regionais, socioeconômicos, psicológicos e até mesmo culturais. Além disso, maiores serão as expectativas do consumidor em relação ao produto. O segundo desafio, que também deve ser observado, são as condições de uso e exposição identificadas, variando assim, no contexto de uma mesma localidade, região ou país, ou ainda entre cidades, regiões ou países diferentes. (ALMEIDA 2015).

De acordo com Borges (2008):

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).

Assim, fica evidente, diante desses argumentos 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.

2.3 Vida Útil

O tema temporal abordado em desempenho é um assunto essencial e de compreensão muito difícil para ser corretamente previsto na elaboração de projetos de edificações. Embora o termo *servicelife* (vida útil) ser bastante empregado por autores nacionais e internacionais, pode-se defini-lo como espaço de tempo entre o início de utilização da edificação e o instante em que seu desempenho não consegue mais atender as necessidades dos usuários, sofrendo interferência direta devido a manutenções, reparos e exposição ao meio ambiente.

Por sua vez Almeida (2015) define que vida útil faz referência ao período de tempo, onde se espera de acordo com o objetivo para o qual foi projetada, que a edificação mantenha os mínimos padrões de desempenho. A ISO 13823 (2008) estabelece que vida útil é o período de tempo em que a edificação ou qualquer um de seus componentes conseguem satisfazer as exigências de desempenho previstas em projeto, sem ações imprevistas de manutenção ou reparo.

A norma traz duas definições para vida útil: (VU) verificada in loco, (VUP) vida útil 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) (ABNT NBR 15575-1, 2013, p.10).

Para vida útil (VU), a construção pode sofrer avarias tanto ao longo do tempo projetado quanto a exposições a temporais, considerando os requisitos mínimos servindo como equalizador para obter-se uma melhor concorrência no mercado

consumidor. Para caracterizar o mínimo de custos e manutenção com o decorrer do tempo utiliza-se o (VUP), estimulando a busca por soluções que atendam o mínimo exigido.

Nesta perspectiva a norma de desempenho demonstra (Tabela 1) objetivamente os valores mínimos e máximos de Vida Útil de Projeto para cada sistema específico da 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: NBR 15575, 2013.

Através dos critérios estabelecidos pela norma à Vida Útil de Projeto, é evidente que cada sistema estabelece valores específicos, por exemplo, pode-se perceber que a vida útil dos sistemas que podem ser modificados de forma mais fácil ao longo do tempo, como hidrossanitário e cobertura, possuem vida útil menores quando comparados aos sistemas de difíceis modificações e que podem acarretar grandes acidentes caso não desempenhem sua função com segurança, como o sistema estrutural, possui vida útil maior. As inserções desses dados nos projetos e nos planos de manutenção das construções (manual de uso) devem acontecer de forma particular. Essa estipulação de valores também gera para o cliente uma garantia, pois o não atendimento relacionado a falhas nos elementos especificados pode ser facilmente averiguado. Essa ferramenta legal possibilita aos usuários exigir que os sistemas que compõe os edifícios, atendam por obrigatoriedade os requisitos

mínimos de desempenho ao longo da vida útil (POSSAN; DEMOLINER, 2014, p. 11).

2.4 Desempenho térmico

O desempenho de uma edificação está relacionado de acordo com os parâmetros e exigências mínimas, visando atender as necessidades dos usuários, o desempenho térmico tem função fundamental, pois se destina as exigências e parâmetros térmicos da edificação. Conseqüentemente pode-se averiguar que desempenho térmico é resultado da relação entre as características técnicas da edificação, como sentido das fachadas, materiais utilizados, quantia de pavimentos e altura do pé direito, e as características do clima da região, como temperatura, umidade, topografia, direção e velocidade dos ventos, entre outros. A soma das características citadas, fundamentada em parâmetros mínimos de exigência, resulta em uma edificação que consegue, conforme o projeto, no conforto de seus usuários. (LAMBERTS, 2005)

Nesse caso, é indispensável uma melhor análise dos conceitos pertinentes ao tema, principalmente os que concedem parâmetros que proporcionam a comprovação de que as exigências mínimas de conforto dos usuários foram atendidas.

2.5 Conforto Térmico

“Conforto térmico pode ser definido como estado mental que expressa à satisfação do homem com o ambiente ao seu redor” (LAMBERTS; et al., 2005, p.5).

Segundo Rotta (2009), a satisfação manifestada com relação às condições térmicas do ambiente é conhecida como conforto térmico. A NBR 15220/2005 define conforto térmico como uma medida de contentamento psicofisiológica de determinado indivíduo em relação as condições térmicas do ambiente. Nota-se sob esta perspectiva que durante a execução de uma determinada construção, ocorre modificações climáticas no local, devido a interferência humana, que logo é atribuída a resposta térmica da obra.

Frota e Schiffer (2001) argumenta que conforto térmico é uma necessidade que do ser humano tem conectada ao funcionamento do próprio organismo:

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).

É possível constatar que as características climatológicas, sobretudo a temperatura, exercem ações diretas sob as condições que determinam o conforto térmico. Segundo a transcrição acima, é preciso analisar a carga térmica que determinada edificação sofrerá em decorrência da variação de temperatura durante as estações do ano e no decorrer das horas do dia. Para se precisar as cargas térmicas, é preciso cogitar alguns elementos significativos como a vizinhança (que pode ou não projetar sombras na construção), a direção das aberturas, a composição dos materiais de vedação (opacos ou translúcidos), dentre vários outros elementos que podem interferir, favorecendo ou não, no controle térmico das edificações. (ALMEIDA, 2015)

Assim, uma variedade de fatores técnicos, aliado ao zoneamento bioclimáticos, expressam a necessidade para que se possa garantir um ambiente especificamente apropriado que consiga atender aos requisitos mínimos de desempenho.

2.6 Temperatura

Normas de desempenho são estabelecidas buscando atender às exigências dos usuários, que, no caso na NBR 15575 (ABNT 2013), referem-se a sistemas que compõem edifícios habitacionais de até cinco pavimentos, 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. A forma de estabelecimento do desempenho é comum e internacionalmente pensada por meio da definição de requisitos (qualitativos), critérios (quantitativos ou premissas) e métodos de avaliação, os quais sempre permitem a mensuração clara do seu cumprimento. As Normas assim elaboradas

visam de um lado incentivar e balizar o desenvolvimento tecnológico e de outro, orientar a avaliação da eficiência técnica e econômica das inovações tecnológicas. (LAMBERTS, 2005)

Tabela 2: 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.

Fonte: ABNT, 2013, p. 52.

5.1.1.1 Umidade Relativa do ar

Para Frota e Schiffer (2001) A umidade atmosférica ocorre devido a consequência da evaporação das águas e da transpiração das plantas.

Uma melhor definição sobre umidade absoluta é o peso do vapor de água existente em uma unidade de volume de ar, expressada em (g/m^3), e a umidade relativa é a relação da umidade absoluta com a capacidade máxima do ar de reter vapor d'água, àquela temperatura, ou seja, é uma porcentagem da absoluta. A umidade relativa varia com a temperatura do ar, diminuindo com o aumento desta.

Determinada como a quantidade de vapor d' água presente no ar, formada a partir da evaporação da água no processo de modificação do seu estado líquido para gasoso, sem alteração de sua temperatura.

Os valores de referência utilizados para analisar a umidade do ar são limitados pela OMS (organização mundial da saúde) que caracterizam conforme tabela abaixo:

Tabela 3: Níveis de umidade

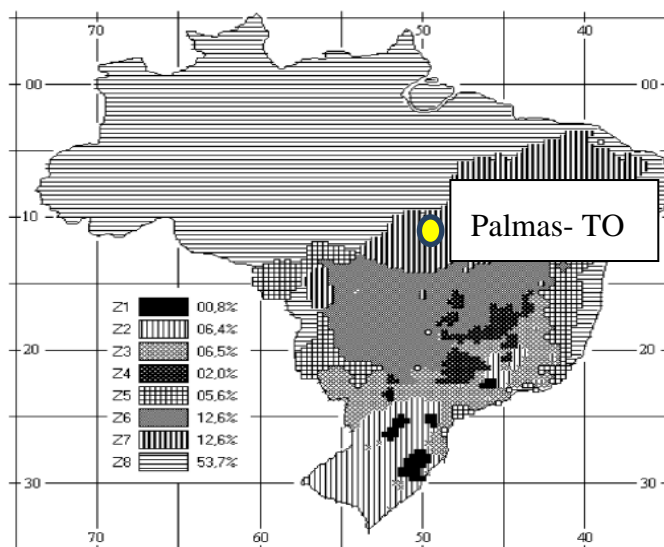
Estado de Aceitação	Acima de 40%
Estado de Observação	31% a 40%
Estado de Atenção	21% a 30%
Estado de Alerta	12% a 20%
Estado de Emergência	Abaixo de 12%

2.7 Zoneamento Bioclimático Brasileiro

Diante das discussões, é de fundamental importância o estudo dos fatores bioclimáticos na verificação de comportamento térmico das edificações, mostra-se que a caracterização do conforto térmico é feita em função das exigências técnicas da obra, das condições dos usuários e também das configurações do clima e da região onde a edificação está localizada.

Neste parâmetro, a NBR 15220-3, ao observar a extensão do território brasileiro, optou por dividir o território brasileiro em 8 zonas bioclimáticas (Figura 1), com climas razoavelmente homogêneas, estabelecidas e baseadas em informações como temperatura e umidade relativa do ar, velocidade do vento e radiação solar incidente para o dia mais quente e para o dia mais frio do ano, dias esses determinados baseados em dados históricos.

Figura 1: Mapa das Zonas Bioclimáticas Brasileiras.



Fonte: ABNT NBR 15220-3, (2005)

Cada uma dessas zonas tem seu dia típico de verão e de inverno já estabelecidos, de acordo com a norma brasileira esses dias podem ser definidos como:

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).

Para a divisão das zonas foi utilizado como critério o clima, considerando-se a similaridade para escolha e adequação das cidades. Posteriormente a segmentação, as NBR 15220 e NBR 15575 determinaram um conjunto de recomendações técnico construtiva a serem aplicadas visando obter o mínimo do desempenho térmico das edificações.

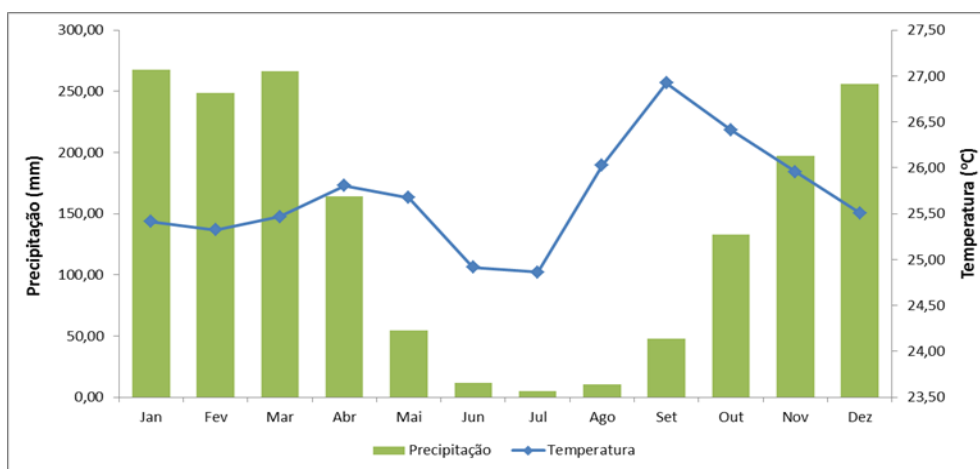
2.8 Características bioclimáticas da cidade de Palmas-TO

A temperatura média é de 32°C no período de seca (de abril a setembro) e de 26°C no período de chuvas (de outubro a março). Na região norte do Estado as

temperaturas médias são cerca de 3°C mais altas do que na região sul. Existem áreas planas e elevadas, onde o clima é influenciado de maneira marcante pelo relevo, altitude e exposição das serras. A regionalização climática para o Estado foi realizada pela SEPLAN (2012),

Segundo a Figura 2, as temperaturas médias mais amenas ocorrem nos meses de junho (24,92°C) e julho (24,86°C), sendo estes também os meses mais secos registrando valores de precipitação de 11,49 mm e 5,22 mm respectivamente.

Gráfico 1: Médias mensais da temperatura e precipitação no estado do Tocantins



Fonte: Inmet

2.9 Uso de células teste como estudo

A respeito à adequação de edificações a determinadas condições térmicas, relacionadas ao organismo humano e às trocas de temperatura com o meio ambiente, de modo que a temperatura interna mantenha-se dentro de determinados limites de condicionantes habitáveis. Prever no projeto elementos que resultem em características térmicas convenientes não significa necessariamente um aumento no custo da construção. Ao contrário, isso possibilita uma diminuição do custo de utilização e manutenção, além de contribuir para uma maior conforto térmico dos usuários. Projeto, deve-se ter em mente: a importância da orientação solar; o dimensionamento adequado das aberturas de ventilação e iluminação; a escolha certa dos materiais de vedação, levando-se em conta que, para cada região ou lugar específico, tem-se determinado tipo de clima. A escolha correta para cada um destes itens contribuirá para melhorar o conforto ambiental e, no caso de ambientes climatizados, para a racionalização no uso de equipamentos para climatização

destes ambientes, na redução do consumo energético, enfim, na preservação dos recursos naturais (GIVONI, 1998).

A exemplo de experimentos simples relacionados à área de conforto e desempenho térmico (KRÜGER, 2002), procurou-se elaborar dispositivos de baixo custo que permitam uma análise experimental de materiais sob o aspecto mencionado. Tais protótipos possibilitam comparações de diferentes materiais de construção, fixando-se variáveis que, em situação real (do tipo habitação), acarretam variações das condições ambientais devido à ação dos usuários, como alterações na taxa de ventilação, uso de equipamentos e a própria ocupação dos ambientes por parte dos usuários. Além disso, padronizando-se as dimensões dos protótipos bem como sua pintura externa ou tipo de cobertura, pode-se obter respostas térmicas especificamente relacionadas aos materiais em teste, com vantagens evidentes para a elaboração de padrões habitacionais (como o Projeto de Norma Técnica sobre Desempenho Térmico de Edificações: (RORIZ et al., 1999) e/ou pesquisa de materiais que mais se adequem às condições particulares, quando se considera o clima característico do continente brasileiro.

2.1.1 Brise-Soleil - Alternativa Para Proteção Solar

Para Grigoletti (2010): “Brise – Anteparo composto por uma série de peças, em geral placas estreitas e compridas, colocadas em fachadas, para reduzir a ação direta do sol. Suas peças podem ser móveis ou fixas, dispostas na horizontal ou vertical. Quando conveniente disposto protege o interior do prédio da excessiva insolação preservando a visão para o exterior. É adequado seu uso em edifícios situados em locais de clima quente”.

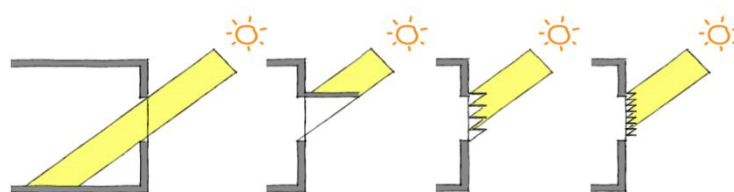
Sua origem pode ser identificada com elementos arquitetônicos tradicionais utilizados para filtrar a radiação solar, a luz e o calor, aplicados principalmente na arquitetura árabe. Não possuem necessariamente a mesma forma, material ou linguagem, mas o mesmo princípio de atuação: sua função principal é o controle da radiação solar em excesso nos países de clima quente (MARAGNO, 2000).

Segundo Gutierrez (2004) o brise-soleil ou quebra sol é um dispositivo de proteção solar, formado por uma ou mais lâminas, em geral paralelas e externas a edificação. Ele tem como função minimizar o aporte do calor do Sol pela envoltória

da edificação, principalmente nas aberturas e superfícies transparentes ou translúcidas.

Os dispositivos externos de proteção solar têm a capacidade de interceptar a radiação solar antes que ela atinja as superfícies das edificações. O brise-soleil se destaca, entre estes dispositivos, pois possui o mais elevado percentual de redução de ganho de calor entre os sistemas de proteção em uso, variando de 75 a 90%, quando aplicado em vidro transparente de 5mm. Além disso, os brises têm a capacidade de atender outras finalidades simultâneas como captar a ventilação, dar privacidade visual, refletir e distribuir a luz natural, entretanto, dependendo de suas características construtivas, podem comprometer as condições de iluminação dos espaços internos (MARAGNO, 2001).

Figura 2: Brise de soleil.



Fonte: CTE

2.2.2 Ventilação Cruzada

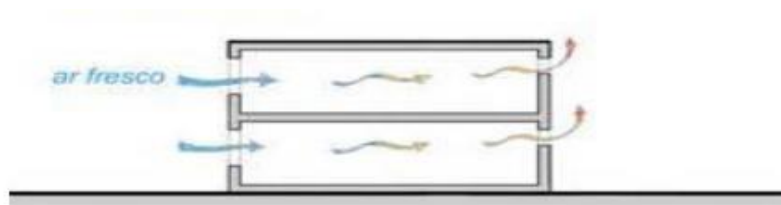
Para Souza (2007) a ventilação cruzada pode ser definida pela movimentação do ar no interior dos edifícios sem que haja a indução de sistemas mecânicos, trazendo diversas vantagens para as edificações, mantendo a qualidade do ar e assim criando ambientes salubres e confortáveis. A ventilação é usada em diferentes vãos de abertura em um ambiente, seja ela em elementos opostos ou adjacentes, pois então, este fenômeno ocorre pela presença de diferentes pressões de ar, ou seja, por influência dos ventos ou por temperaturas distintas de densidades diferentes.

A ventilação cruzada é o fenômeno da movimentação do ar no interior das edificações sem a indução de nenhum sistema mecânico, ocorre pela diferença de pressão do ar, que pode ocorrer por ação dos ventos ou diferença de densidade do ar, devido às temperaturas. Em ambos os processos é obrigatória a existência de aberturas para que o ar possa fluir pelo edifício, pois somente com a pressão e a

existência de aberturas é possível haver a ventilação que é capaz de proporcionar a renovação do ar de um ambiente, que é fundamental para o alcance do conforto térmico (TOLEDO 1999).

Segundo Costa (2009), para que haja ventilação cruzada em um ambiente é necessário que existam duas aberturas em face oposta ou adjacente, assim o ar fluirá pelo ambiente carregando consigo o ar quente e deixando o ar fresco dentro do ambiente. Se esse ambiente possuir apenas uma abertura o ar não conseguirá entrar, pois existe uma pressão atuando dentro do ambiente que não permite a entrada do ar fresco.

Figura 3: ventilação cruzada



Fonte: sustentar aqui

Um ambiente devidamente ventilado é muito importante para a saúde e bem-estar do morador. De acordo com Frola e Schiffer, a ventilação cruzada proporciona a renovação do ar dos ambientes, desconcentra fumaças, vapores e poluentes, além de dissipar calor. Elas ainda complementam que “a ventilação cruzada é o deslocamento do ar através do edifício, através de aberturas, umas funcionando como entrada e outras, como saída”.

3 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.

Com o propósito de aferir e comparar a temperatura e umidade em células residenciais, visando garantir os requisitos mínimos de conforto térmico na cidade de Palmas foi aplicada os materiais e métodos a seguir.

Buscando de forma descritiva entender a variação de temperatura e umidade o comportamento nos protótipos de forma comparativa, onde apenas um protótipo foi aplicado o brise o outro não, e posteriormente um protótipo foi feita aberturas para ventilação cruzada e o outro não, especificando a partir de características como a eficiência do brise-soleil na janela como sombreamento e a ventilação cruzada nas paredes para melhor circulação do ar interno, para verificar qual técnica se torna mais eficaz, comparando-os com os efeitos climáticos na cidade de Palmas.

A área escolhida para servir de base para o presente estudo foi da Universidade Federal do Tocantins – UFT no campus Palmas, atrás do prédio laboratorial do curso de Engenharia Civil. Conforme pode ser observado na Figura 4.

Figura 4: Campus UFT - Palmas.



Fonte: Google Earth

Na Figura 4 foi enfatizado na cor amarela o prédio laboratorial do curso de Engenharia Civil e na cor vermelha o local onde está localizada as células do experimento realizado. Na Figura 5 pode observar o local do experimento.

Figura 5: Local de Estudo



3.1 Células de Estudo

Para o estudo fora construído duas células idênticas, uma paralela a outra, as quais servirão para a análise comparativa dos dados que serão levantados. Para fabricação dessas células foram utilizados materiais diversos que serão discutidos nesse capítulo, demonstrando suas características e formas de execução.

Foram exetadas duas bases de concreto a 4 metros de distância uma da outra e obtinham formato quadrado de 3x3 metros com uma altura de concreto de 5 cm. Para as paredes se utilizou 10 painéis OSB home plus de 9,5mm de espessura e 1,2x2,4m de tamanho, para cada célula. Na parte interna das células foi fixada lã de vidro (ISOVER) de 20mm de espessura. As células ao final apresentaram tamanho de 2,4x2,4x2,4m. Para cobertura fora escolhido o telhado de duas águas (direções norte-sul) com inclinação de 10% em cada água sendo utilizado para execução 6 telhas termo acústicas (chapa metálica com EPS de 30mm) de tamanho 1,0x1,5m e 3 cumeeiras de 1,0m para cada célula. As janelas presentes nas células são compostas por esquadria de alumínio com vidro comum, tendo tamanho de 0,6x0,6m estando posicionada a 1,5m da altura da base, na fachada norte, as portas de são de OSB (material utilizado na vedação) com tamanho de 0,8x2,10m posicionada na fachada oeste. No centro de divisão das duas células fora construído

uma cobertura para proteger a caixa de madeira que abrigara o Datalogger com os termopares (Figura 6).

Figura 6: Células de Estudo



3.2 Resistência Térmica Paredes

A espessura do material utilizado nas paredes das células foi determinada levando em referência o valor da Resistência Térmica das paredes de residências mais usuais na região de Palmas-TO e no Brasil que é a utilização de vedação utilizando tijolos cerâmicos furados com espessura de 9cm e reboco interno e externo de aproximadamente 3cm de espessura cada. Os valores de Resistência Térmica e de Condutividade Térmica foi extraído obtido do estudo de Dos Santos e Matias (2006) como pode ser visto na tabela 4.

$$R = \frac{e}{\lambda}$$

Onde:

R= Resistência Térmica

e= Espessura do material

λ = Condutividade Térmica

Tabela 4: Condutividade e Resistência térmicas

Parâmetro	Material	Valor
R [(m ² .°C)/W]	Tijolo Furado Cerâmico 9cm espessura	0,23
λ [W/(m.°C)]	Reboco	1,3
λ [W/(m.°C)]	OSB	0,13
λ [W/(m.°C)]	Lã de Vidro	0,045

Fonte: Dos Santos e Matias (2007)

$$R_{alvenaria} = 2 * \frac{0,03}{1,3} + 0,23 \Rightarrow R_{alvenaria} = 0,276 \text{ (m}^2\text{.°C)/W}$$

$$R_{célula} = \frac{0,0095}{0,13} + \frac{0,02}{0,045} \Rightarrow R_{célula} = 0,444 \text{ (m}^2\text{.°C)/W}$$

Foi utilizado a espessura mais fina de lã de vidro (20mm) disponível no mercado e a placa OSB mais fina (9,5mm) com resistência suficiente para estrutura da célula. A diferença encontrada para Resistência Térmica de uma parede de alvenaria com as paredes da célula foi então o valor mais aproximado levando em consideração os materiais disponíveis no mercado.

3.3 Técnicas Implementadas

3.3.1 Enquadramento

No experimento realizado nas células teste descrito anteriormente, foram aplicadas 2 técnicas de arrefecimento passivo na célula 1 (C1), uma por vez, separadas em 2 campanhas e a célula 2 (C2) foi mantida sem alteração para que servisse de parâmetro para a avaliação da eficiência de cada técnica no conforto térmico. No proximo capítulo é descrito todas as tecnicas que foram empregadas detalhando material utilizado e forma de execução.

3.3.2 Descrições das Aplicações das Técnicas

Como primeira técnica implementada, se tem o sombreamento utilizando Brise Soleil em esquadria de alumínio tipo veneziana, pintada com tinta esmalte sintético branco com dimensões de 0,8mx0,8m fixadas sobre a janela da célula 1 (Figura 7).

Figura 7: Campanha 1: Brise Soleil



Posteriormente como campanha 2 fora implementado a técnica de ventilação cruzada sendo realizado na célula 1 duas aberturas de 20cmx20cm cada, estando uma na parte inferior (lado sul) da fachada leste e a outra na parte superior (lado norte) da fachada oeste como pode ser visto na Figura 8.

Figura 8: Campanha 2 : Ventilação Cruzada



3.3.3 Equipamento Datalogger Hobo

O Datalogger Hobo (Figura 9) realiza aferição de temperatura e umidade do ambiente, e foi utilizado dois em cada célula estando posicionado a um metro de altura do piso um mais próximo da fachada norte (maior período de contato com sol) e o outro mais próximo da fachada sul (menor período de contato com sol). O equipamento foi programado para fazer aferições em intervalo de tempo de 10 minutos. A precisão do equipamento é de $\pm 0,35^{\circ}\text{C}$ para temperatura e $\pm 2,5\%$ para umidade do ar (ONSET, 2009). Os 4 (quatro) equipamentos utilizados na análise são de propriedade do Laboratório de Física das Construções (LFC) da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto-FEUP.

Figura 9: Datalogger Hobo



3.3.4 Estação Meteorológica de Palmas-TO

Para dados do clima externo foram utilizados dados da estação meteorológica automática administrada pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET. A estação meteorológica automática (EMA) realiza coleta de minuto em minuto, as informações meteorológicas (temperatura, umidade, pressão atmosférica, precipitação, direção e velocidade dos ventos, radiação solar) representativas da área em que está localizada em Palmas-TO (Figura 10). A cada hora, estes dados são integralizados e disponibilizados para serem transmitidos, via satélite ou telefonia celular, para a sede do INMET, em Brasília. O conjunto dos dados recebidos é validado, através de um controle de qualidade e armazenado em um banco de dados, sendo disponibilizados dados de máxima, mínima e do instante da coleta (BRASIL, 2011).

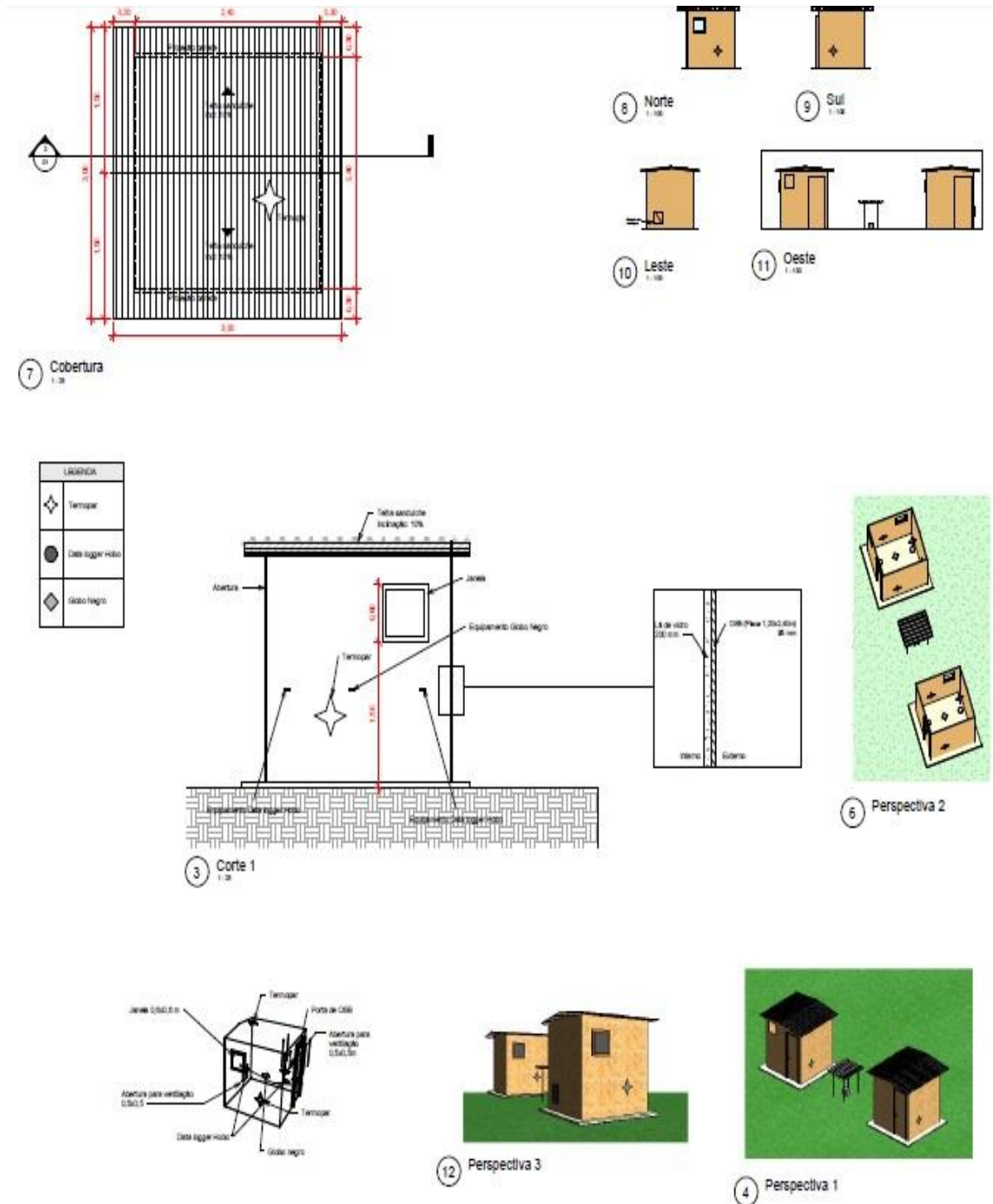
Figura 10: Estação Automática INMET em Palmas-TO



3.3.5 Posicionamento dos Equipamentos

Com relação ao posicionamento dos equipamentos, foram descritos em planta (planta de cobertura, fachadas, cortes e perspectivas) na Figura 11 para melhor percepção quanto a locação dos equipamentos presentes nas células testes que foram utilizados na campanha de medições.

Figura 11: Croqui das Células e Posição dos Equipamentos



Quanto aos Dataloggers Hobo foram distribuídos igualmente entre as células ficando dois em cada Célula. Eles foram presos por uma linha ao teto, ficando a um metro de altura do piso acabado, como a NBR 15575 (2013) orienta, e foram colocados ao centro da residência (divisão leste-oeste) a 0,8 e 1,6 metros da parede Norte, ficando um mais próximo da fachada norte e outro da fachada sul (Figura 12). As posições foram similares nas duas células. Os equipamentos foram denominados como C1N, C1S, C2N e C2S como se pode ver na (tabela 5).

Figura 12: Posição Datalogger Hobo



Tabela 5: Localização Datalogger Hobo

LOCAL	LEGENDA
CÉLULA 01 NORTE	C1N
CÉLULA 01 SUL	C1S
CÉLULA 02 NORTE	C2N
CÉLULA 02 SUL	C2S

3.3.6 Tratamento dos dados

A transferência dos dados do Datalogger 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.

3.3.7 Cronograma de Aferições

O período de aferição de cada campanha está discriminado na tabela 6 tendo os mesmos iniciado em Maio de 2018 e finalizados no mês de Agosto de 2018.

Tabela 6: cronograma campanhas

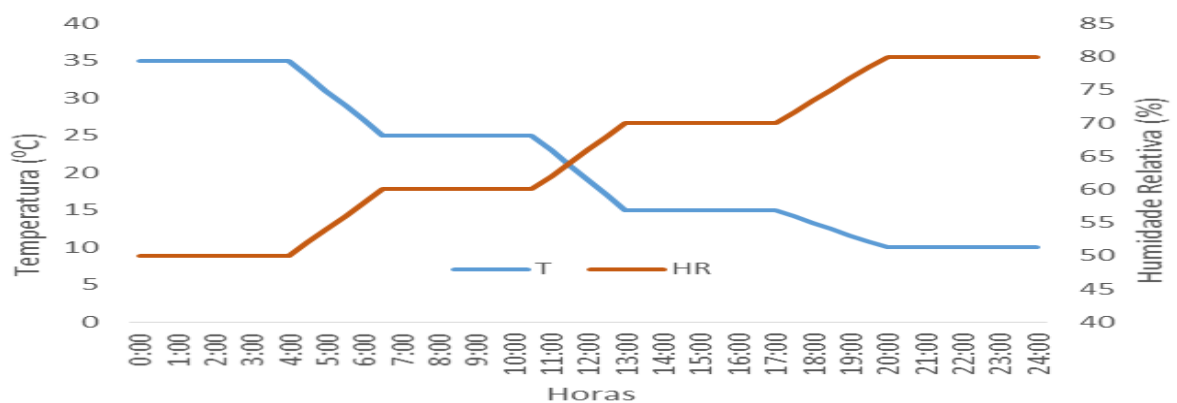
	Data inicial	Data final	Duração
Aferição relativa das células	15/Maio	03/Junho	19 dias
Campanha Brise de Soleil	06/Junho	21/Junho	16 dias
Campanha ventilação cruzada	08/Agosto	28/Agosto	20 dias

3.4 VERIFICAÇÃO Relativa OS EQUIPAMENTOS

3.4.1 Datalogger Hobo

Para verificação foi utilizado uma câmara climática com programação de 24 horas onde se reveza ciclos de temperatura e umidade iniciando em 35°C e 55% e concluindo aos 10°C e 90% respectivamente como pode ser visto na Figura 13.

Figura 13: Ciclo de Verificação da Temperatura e Umidade



Os gráficos 2 e 3 demonstram que os Datalogger Hobo apresentaram resultados semelhantes entre eles tanto para Temperatura quanto para Umidade. Pode se ainda observar que a câmara climática apresentou algumas inconsistências

quanto a programação do ciclo utilizada, para umidade mas não comprometeu a verificação pois se nota que os resultados apresentados pelos equipamentos em todos os momentos se mantiveram uniformes mesmo com a falha apresentada no ciclo da câmara climática.

Gráfico 2: Verificação Temperatura Datalogger Hobo

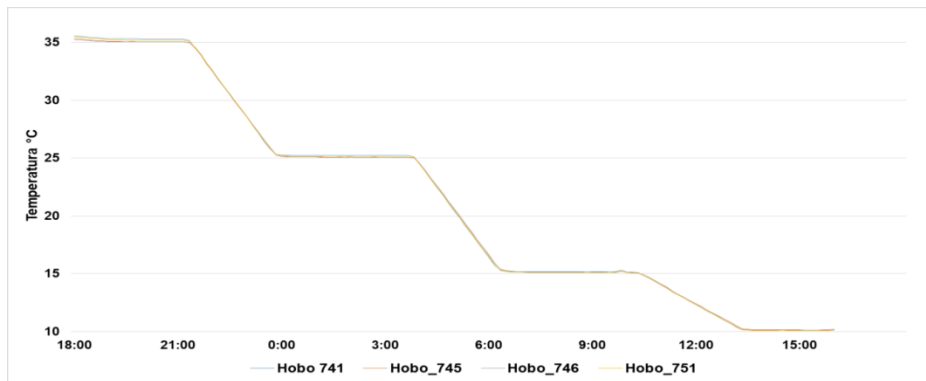


Gráfico 3: Verificação Umidade Datalogger Hobo

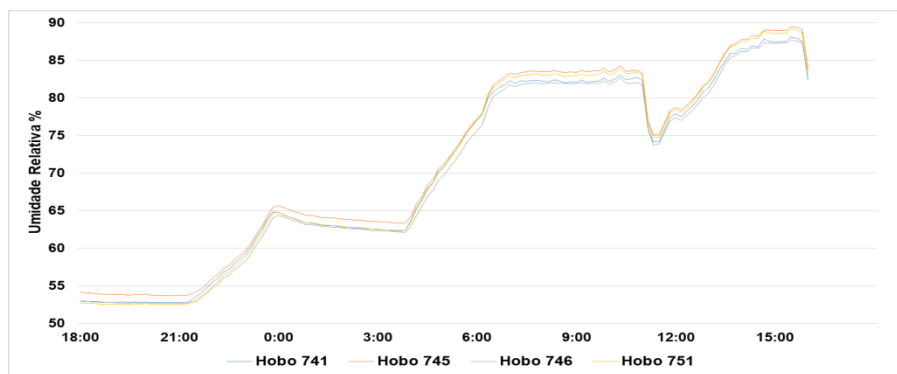


Gráfico 4: Temperatura Ambiente

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Dados climáticos - Brise Soleil

4.1.1 Temperatura

A campanha 1 de medição ocorreu entre os dias 05/06 e 21/06 de 2018 sendo aferido dados de Temperaturas (em °C) no ambiente externo (Texterna), no interior da célula 1 (Tinterna C1) e da célula 2 (Tinterna C2). Das temperaturas aferidas a mais elevada foi da célula 2 (40,37 °C) e a menor temperatura (19,60 °C), ocorreu no meio externo. Entre as células, a célula 2 apresentou uma média de temperatura superior em 0,18 °C em comparação a Célula 1 como demonstrado no gráfico 6, figuras 16 e tabela 9. Ambas as células apresentaram máxima, média e mínima superior à temperatura externa.

Gráfico 5: Temperatura Ambiente - Brise

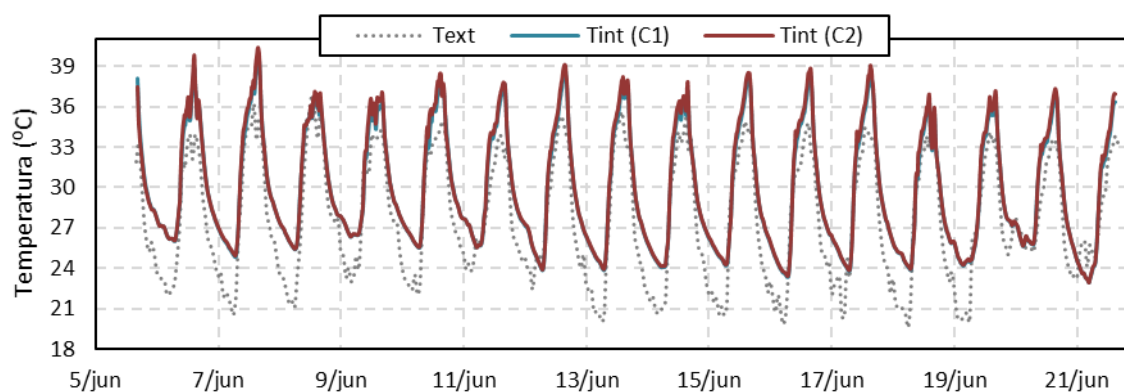


Figura 14: Temperatura Ambiente – Brise (boxplot)

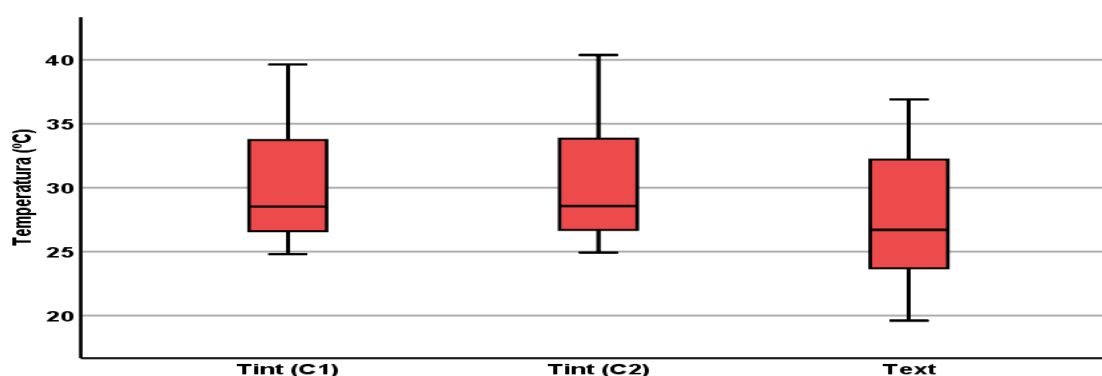


Tabela 7: Temperatura (°C) - Brise

	Tmédia	Tmáx	Tmín	Amplitude
Texterna	27,53	36,90	19,60	17,30
Tinterna (C1)	29,79	39,63	22,90	16,73
Tinterna (C2)	29,97	40,37	22,93	17,44

4.1.2 Umidade

A umidade assim como a temperatura relativa foi medida do ambiente externo (U_{externa}) e interno de cada célula (C1 e C2). O valor mais alto da umidade foi no ambiente externo. Já com relação as médias a célula 1 apontou valores superiores a C2 e ao ambiente externo. Da-se ênfase a amplitude da umidade no ambiente externo que apresentou valor de 64% com relação a seus valores máximo e mínimo. Dados explanados no gráfico 7, figuras 17 e tabela 10.

Gráfico 6: Umidade Ambiente - Brise

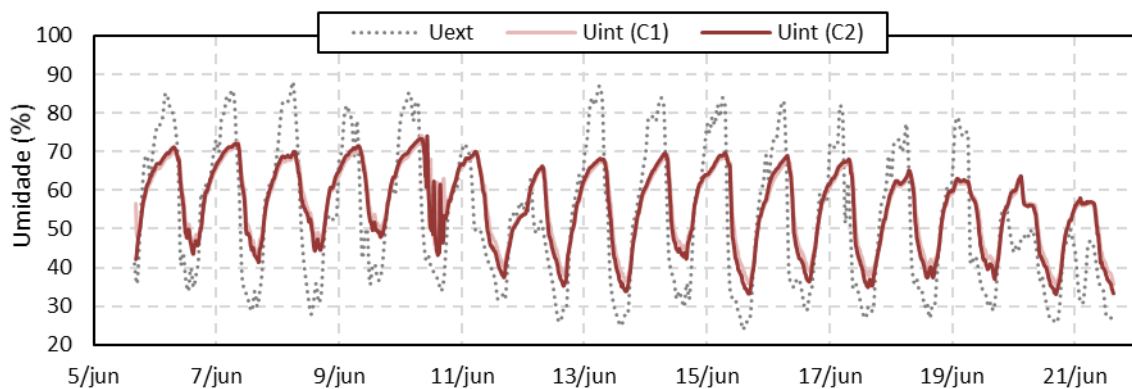


Figura 15: Umidade Ambiente (boxplot) - Brise

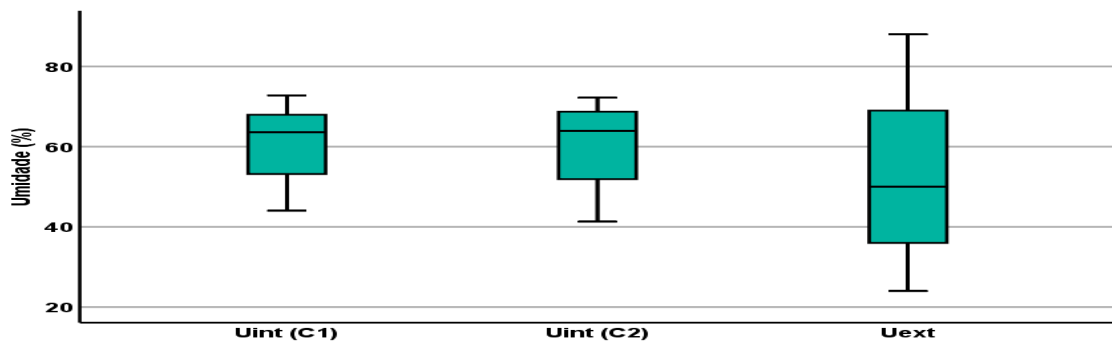


Tabela 8: Umidade (%) - Brise Soleil

	Umédia	Umáx	Umín	Amplitude
Uexterna	52,53	88,00	24,00	64
Uinterna (C1)	56,13	74,31	35,77	38,54
Uinterna (C2)	55,39	74,05	33,03	41,02

4.1.3 Discussão dos Resultados - Brise Soleil

Com a análise destes resultados é possível realizar comparação entre as duas células teste do experimento quanto a temperatura e umidade do ar.

A temperatura ambiente interna das duas células apresentou resultados muito próximos entre elas, mostrando que a célula 1 (com Brise) houve uma redução de 0,18 °C em comparação a célula 2, quando se analisa a amplitude a célula 1 apresentou uma redução 0,71 °C em comparação a célula 2, apresentando a menor amplitude em relação ao ambiente externo e interno da célula C2.

Quanto a umidade os valores das células também apresentaram valores bem próximos entre si, mostrando que a C1 (com Brise) apresentou uma diferença de 0,71% em relação a C2, quando se verifica a amplitude a C1 apresentou uma diferença de 2,48% em comparação a C2. Diante disso diferindo dos encontrados na parte externa que demonstrou valores maiores durante o dia e menores durante a noite, fazendo assim que sua média final se aproximasse das médias encontradas para as células testes.

De toda forma os resultados foram bastante satisfatórios para esta etapa, pois o uso de Brise apresentou eficiência significativa.

4.2 Dados Climáticos - Ventilação Cruzada

4.2.1 Temperatura

A campanha 2 de medição ocorreu entre os dias 08/08 e 28/08 de 2018 sendo aferido dados de Temperaturas (em °C) no ambiente (Texterna), no interior da célula 1 (Tinterna C1) e da célula 2 (Tinterna C2). Das temperaturas aferidas a mais elevada foi da célula 2 (41,43 °C) e a menor temperatura (20,80 °C), ocorreu no meio externo. Entre as células, a célula 2 apresentou uma média de temperatura superior em 0,64 °C em comparação a célula 1 como demonstrado no gráfico 8, figuras 18 e tabela 11. Ambas as células apresentaram máxima, média e mínima superior à temperatura externa.

Gráfico 7: Temperatura Ambiente - Ventilação Cruzada

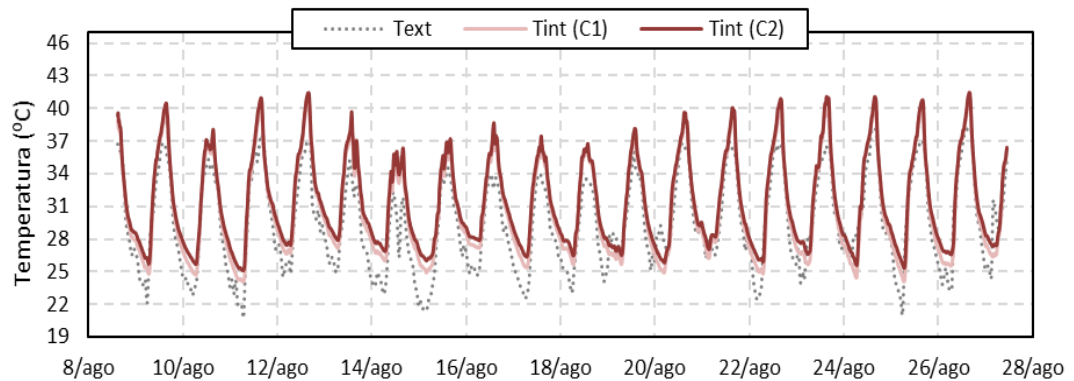


Figura 16: Temperatura Ambiente (boxplot) - Ventilação Cruzada

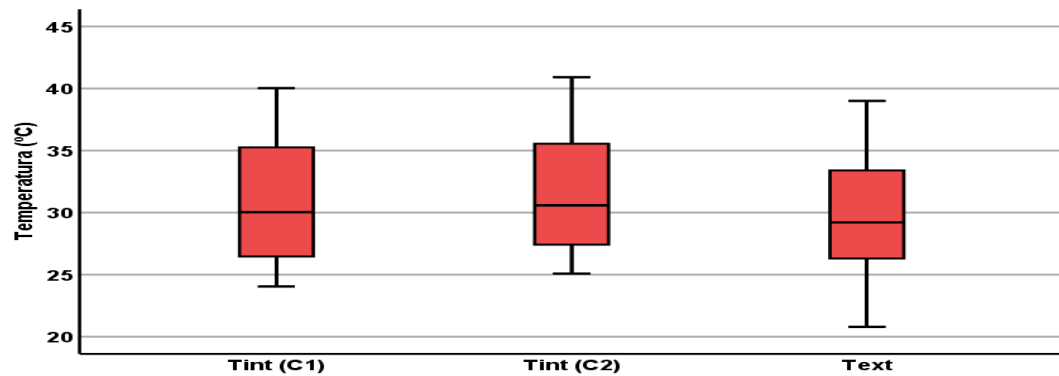


Tabela 9: Temperatura (°C) - Ventilação Cruzada

	Tmédia	Tmáx	Tmín	Amplitude
Texterna	29,65	39,00	20,80	18,20
Tinterna (C1)	31,05	40,92	24,04	16,88
Tinterna (C2)	31,69	41,43	25,09	16,34

4.2.2 Umidade

A umidade assim como a temperatura relativa foi medida do ambiente externo (U_{externa}) e interno de cada célula (C1 e C2). O valor mais alto da umidade foi no ambiente externo. Já com relação as médias a célula 1 apontou valores superiores a C2 e ao ambiente externo. Da-se ênfase a amplitude da umidade no ambiente externo que apresentou valor de 71% com relação a seus valores máximo e mínimo. Dados explanados no gráfico 9, figura 19 e tabela 12.

Gráfico 8: Umidade Ambiente - Ventilação Cruzada

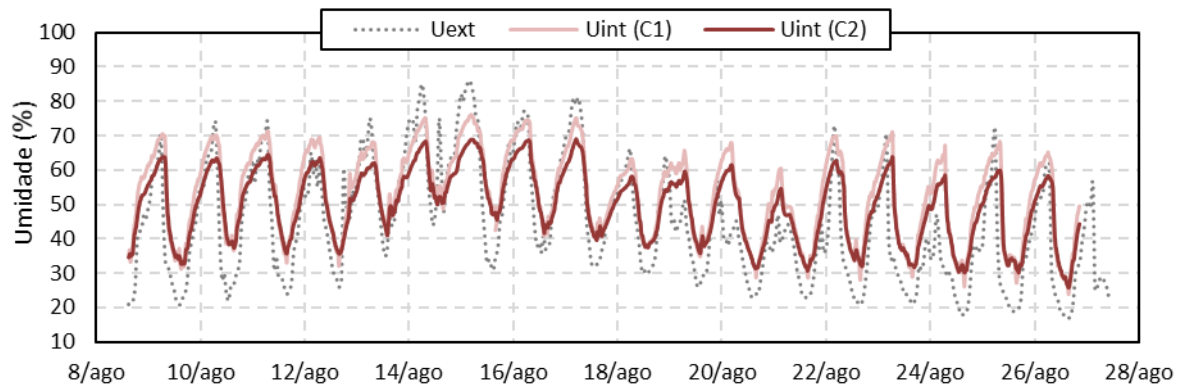


Figura 17: Umidade Ambiente (boxplot) - Ventilação Cruzada

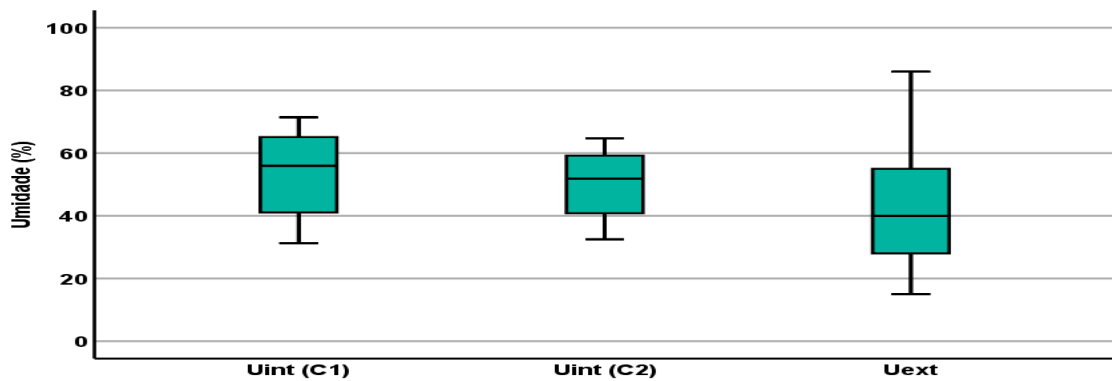


Tabela 10: Umidade (%) - Ventilação Cruzada

	Umédia	Umáx	Umín	Amplitude
Uexterna	42,93	86,00	15,00	71
Uinterna (C1)	52,90	76,25	23,90	52,35
Uinterna (C2)	49,60	69,19	25,62	43,57

4.2.3 Discussão dos Resultados - Ventilação Cruzada

Com a análise destes resultados é possível realizar comparação entre as duas células teste do experimento quanto a temperatura e umidade do ar.

A temperatura ambiente interna das duas células apresentou resultados próximos entre elas, mostrando que a célula 1 (com ventilação cruzada) houve uma redução de 0,67 °C em comparação a célula 2, quando se analisa a amplitude a célula 2 apresentou uma redução 0,54 °C em comparação a célula 1, apresentando a menor amplitude em relação ao ambiente externo e interno da célula C2.

Quanto a umidade os valores das células também apresentaram valores bem próximos entre si, mostrando que a C1 (com Brise) apresentou uma diferença de 0,71% em relação a C2, quando se verifica a amplitude a C1 apresentou uma diferença de 3,33% em comparação a C2. Diante disso diferindo dos encontrados na parte externa que demonstrou valores maiores durante o dia e menores durante as noites, fazendo assim que sua média final se aproximasse das médias encontradas para as células testes.

De toda forma os resultados foram bastante satisfatórios para esta etapa, pois o uso de ventilação cruzada apresentou eficiência bastante significativa.

4.3 Discussão dos Resultados - Comparativo Brise de Soleil x Ventilação Cruzada

Com a análise destes resultados é possível realizar comparação entre as duas técnicas aplicadas nas células 1 do experimento quanto a temperatura e umidade do ar.

A temperatura ambiente interna da C1 apresentou reduções significativas tanto o com uso do brise quanto a abertura para ventilação cruzada, em relação a C2.

Diante disso a ventilação cruzada se mostrou mais eficiente que o brise. A tabela 13 abaixo, mostra as diferenças entre as médias de temperatura nos períodos diurno e noturno das células comparando os resultados com a técnica do brise e ventilação cruzada, destaca-se a média geral com a ventilação cruzada apresentou uma redução de aproximadamente 0,64 °C no período diurno e 0,77 °C no período noturno e uma média geral de 0,70 °C, mostrando assim uma melhor eficiência comparando com o brise, que apresentou uma média geral de aproximadamente 0,18 °C.

Tabela 11: Diferença da média de Temperatura da Célula 01 x Célula 02

	Média Diurna	Média Noturna	Média Geral
Brise Soleil	-0,23	-0,045	-0,18
Ventilação Cruzada	-0,64	-0,77	-0,70

5 CONCLUSÃO

A partir dos resultados analisados neste estudo sobre a utilização de duas técnicas para arrefecimento passivo em ambientes internos, aplicada a células-teste em condições de verão em Palmas-TO, diante dos objetivos propostos, consideram-se satisfatórios os resultados alcançados no estudo.

O estudo mostrou que do uso de brise de soleil para um período relativamente quente e úmido no município de Palmas. Ficou evidente que a técnica aplicada na célula 1 em relação a célula 2 sem nenhuma técnica, mostrou-se pouco eficiente reduzindo em apenas 0,18 °C a temperatura interna. Já em relação a umidade interna das células, a célula 1 apresentou uma menor amplitude, ou seja, uma menor variação dos resultados em relação a célula 2. O estudo também mostrou a efetividade do uso da ventilação cruzada para um período relativamente quente e úmido no município de Palmas. Ficou evidente que a técnica aplicada na célula 1 em relação a célula 2 sem nenhuma técnica, mostrou-se mais eficiente que o uso da ventilação cruzada reduzindo em 0,64 °C a temperatura interna. Já em relação a umidade interna das células, a célula 1 apresentou uma maior amplitude, ou seja, uma maior variação de em relação a célula 2.

No entanto, conforme análise dos gráficos apresentados percebe-se que a maior parte do período analisado, a temperatura externa era superior a temperatura interna das células não atendendo aos requisitos mínimos exigido pela NBR 15575/2013. Conforme a mesma análise para umidade as células atendem os requisitos estabelecidos pela OMS estando dentro dos valores de referência.

É importante ressaltar que este trabalho se limita ao estudo de caso para a região de Palmas-TO, considerando os parâmetros já mencionados anteriormente, podendo ser usado como fonte para outros trabalhos que levem em conta outros parâmetros ou técnicas de arrefecimento passivo. Vale lembrar que seu intuito foi comparativo para os modelos indicados.

A pesquisa foi de grande importância para comparar que as técnicas aplicadas nas células com o objetivo de diminuir a temperatura interna apresentou resultados positivos, embora ainda seja possível melhorar o seu desempenho térmico através da combinação de mais de uma técnica.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-15220: Desempenho Térmico de Edificações**. Rio de Janeiro, 2005.

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-15575: Edificações Habitacionais - Desempenho**. Rio de Janeiro, 2013.

ALMEIDA, Ygor Freitas de. **Estudo da Aplicabilidade da Norma ABNT NBR 15575/2013 no contexto do Município de Palmas – TO**. 86f. (Monografia de Bacharelado em Engenharia Civil). Palmas, Universidade Federal do Tocantins, 2015.

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, MINISTERIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO: INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Rede de Estações Meteorológicas Automáticas do INMET**. Nota Técnica nº 001/2011. 2011. 11 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.

COSTA, L. C. do N. **Aproveitamento da ventilação natural nas habitações: um estudo de caso na cidade de Aracaju – SE**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2009.

DOS SANTOS, Carlos A. Pina; MATIAS, Luis. **Coefficientes de transmissão térmica de elementos da envolvente dos edifícios**. ICT informação técnica - Edifícios ITE 50. Lisboa. 2007.

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

GIVONI, B. (1998) **Climate Considerations in Building and Urban Design**. Van Nostrand Reinhold, the USA.

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.

GUTIERREZ, Grace Cristina Roel. **Avaliação do desempenho térmico de três tipologias de birse-soleil fixo**. 2004. 190 p. Dissertação (Mestre em Engenharia Civil, na área de concentração de Edificações) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

IBGE. Censo demográfico: 2017. Rio de Janeiro: IBGE, 2017.

INMET - INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/>>. Acesso em: 19 jun 2018.

KRÜGER, E.L. **Experimentos simples na área de conforto e desempenho térmico**. **Revista de Ensino de Engenharia** - ABENGE, Brasília, v. 21, n. 1, p. 43-48, 2002.

LAMBERTS, R.et al. **Conforto e Stress Térmico**. LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES, Florianópolis, 1ª ed., p. 1-144, jun. 2016.

MORAIS, Hider Cordeiro de. **Estudo e avaliação da aplicabilidade da Norma ABNT NBR 15575/2013 em uma edificação no município de Palmas – TO**. 76 f. (Trabalho de Conclusão de Curso). Palmas, Centro Universitário Luterano de Palmas, 2017.

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

RORIZ, M.; GHISI, E.; LAMBERTS, R. **Uma proposta de norma técnica sobre desempenho térmico de habitações populares**. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 5, 1999, Fortaleza: ANTAC, 1999.

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.

SEPLAN. Secretaria de Planejamento e da Modernização da Gestão Pública. **Atlas do Tocantins: subsídios ao planejamento da gestão territorial**. Palmas: SEPLAN, 2012.

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.

SOUZA, H. A., ROCHA, L. J. C. **Análise da ventilação natural curada e unilateral.** In: CONGRESSO IBEROAMERICANO DE INGENIERIA MECÁNICA, 8. Anais... Peru: Cusco, 2007. 1 CD-ROM

SUSTENTAAQUI.Disponívelem:<<http://sustentarqui.com.br/dicas/importancia-da-ventilacao-natural-paraarquitetura-sustentavel/>>Acessado em: setembro de 2018.

TOLEDO, Eustáquio. **Ventilação Natural das habitações.** Alagoas, EdUFAL, 1999.