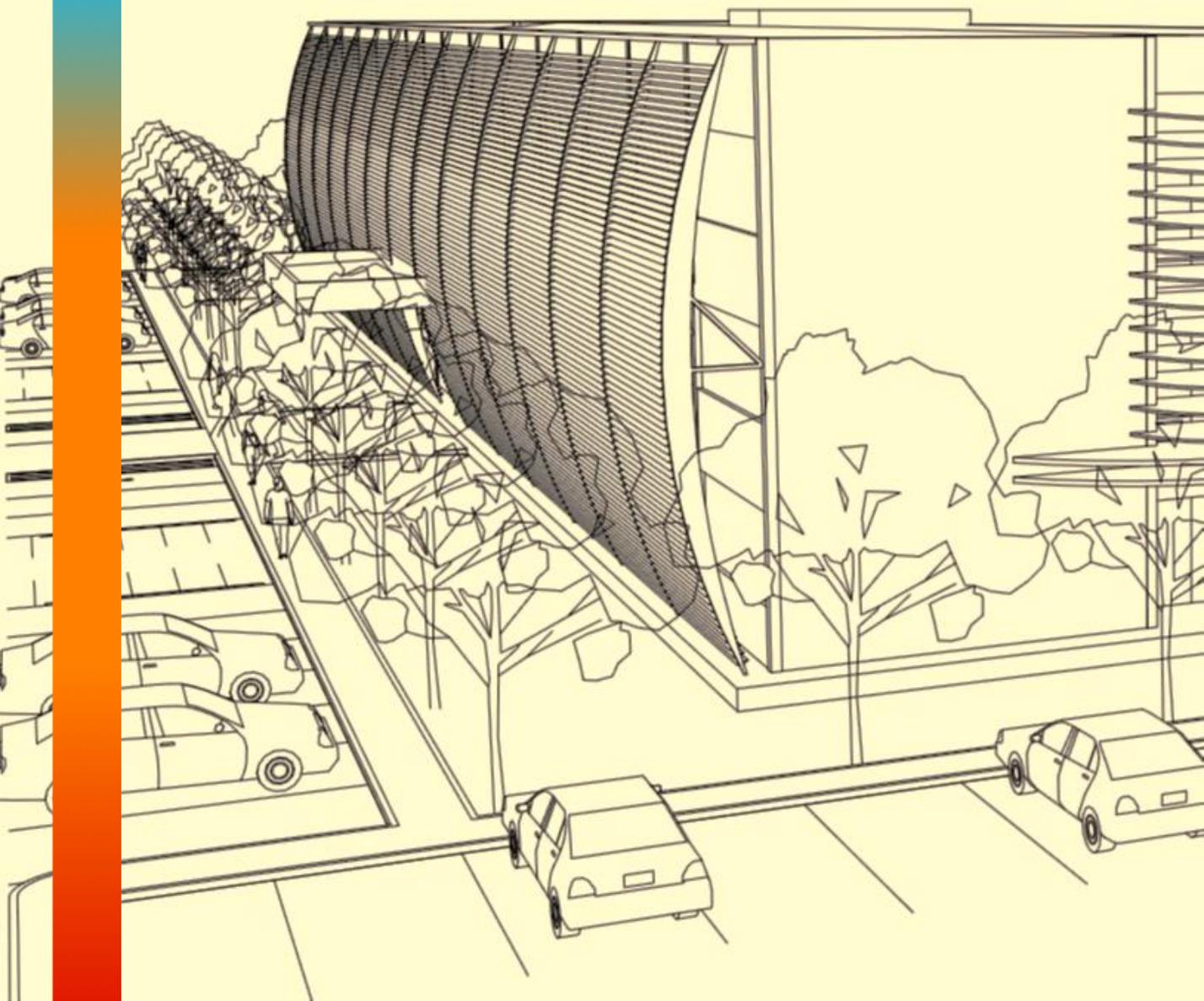


AVALIAÇÃO PÓS-OCUPAÇÃO E DESEMPENHO TÉRMICO NO PRÉDIO BURITI EM PALMAS - TO



TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II – TCC II

Acadêmica: Maria Thais Almeida da Silva Rocha

Orientadora: Lorena D'Arc Tork da Silva



CEULP/ULBRA
CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS



MARIA THAIS ALMEIDA DA SILVA ROCHA

**AVALIAÇÃO PÓS-OCUPAÇÃO E DESEMPENHO TÉRMICO NO PRÉDIO BURITI EM
PALMAS-TO.**

**PALMAS – TO
2019**

MARIA THAIS ALMEIDA DA SILVA ROCHA

AVALIAÇÃO PÓS-OCUPAÇÃO E DESEMPENHO TÉRMICO NO PRÉDIO BURITI EM
PALMAS-TO.

Monografia elaborada e apresentada como requisito parcial para aprovação na disciplina Trabalho de Conclusão de Curso (TCC II) do curso de bacharel em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientadora: Prof. Me. Lorena D’Arc Tork da Silva

MARIA THAIS ALMEIDA DA SILVA ROCHA

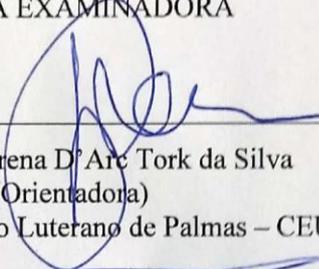
AVALIAÇÃO PÓS-OCUPAÇÃO E DESEMPENHO TÉRMICO NO PRÉDIO BURITI EM
PALMAS-TO.

Monografia elaborada e apresentada na disciplina de
TCC II como requisito parcial para a obtenção do título
de bacharel em Engenharia Civil pelo Centro
Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientadora: Prof. Me. Lorena D'Arc Tork da Silva

Aprovada em 21/05/2019

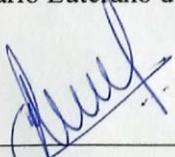
BANCA EXAMINADORA



Prof. Me. Lorena D'Arc Tork da Silva
(Orientadora)
Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP



Prof. Me. Murilo de Pádua Marcolini
(Examinador Interno)
Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP



Prof. Me. Thyago Phellip França Freitas
(Examinador Externo)
Centro de Ensino Superior de Palmas - CESUP

Palmas – TO
2019

RESUMO

ROCHA, Maria Thaís Almeida da Silva. **Avaliação pós-ocupação e desempenho térmico no Prédio Buriti em Palmas – TO.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas/TO, 2019.

Este trabalho apresenta a Avaliação de pós-ocupação (APO), como uma metodologia de avaliação dos ambientes construídos, onde por intermédio dessa é possível recomendar melhorias para esses locais, a fim de aumentar a satisfação dos usuários nesses espaços e retroalimentar o processo de produção do edifício. O objetivo do trabalho foi realizar essa metodologia no Prédio Buriti, localizado no Paço Municipal em Palmas – TO, em virtude da necessidade de assegurar ambientes que estejam de acordo às exigências dos usuários. Através da NBR 15575/2013, que estabelece requisitos mínimos de segurança e conforto a serem atendidos na execução de empreendimentos da construção civil, foi aplicado o método simplificado, assim como o método de medições *in loco*, a fim de estudar e analisar o desempenho térmico à luz da referida norma. Com isso, foi possível identificar, através da análise do desempenho térmico (tanto pelo método simplificado, quanto pela medição no local), o não atendimento de alguns dos critérios estabelecidos pela referida norma para o prédio analisado. Neste sentido, a contribuição deste estudo é, além de analisar e caracterizar o ambiente estudado, compreender os requisitos e critérios atribuídos, e a partir disso inferir sobre sua aplicabilidade e a necessidade de adequá-los às verdadeiras necessidades dos usuários.

Palavras-chave: Avaliação-Pós-Ocupação. Desempenho térmico. Normas de desempenho.

ABSTRACT

ROCHA, Maria Thaís Almeida da Silva. **Post-Occupancy Evaluation and Thermal Performance at Buriti building in Palmas – TO**. Undergraduate Final Project (Graduation) - Civil Engineering Course, Palmas Lutheran University Center, Palmas/TO, 2019.

This research presents the Post-Occupancy Evaluation (POE), as an assessment methodology for the built environments, through which it is possible to recommend improvements in those, in order to increase users' satisfaction in these spaces and to feedback the production process of the building. The objective of the research was to carry out a POE for thermal performance analysis in a building Buriti located in the City Hall in Palmas - TO, due to the need to ensure that the environments are in accordance with the users' requirements. Through the NBR 15575/2013, which establishes minimum safety and comfort requirements to be accomplished in the execution of civil construction projects, the simplified method was applied, as well as the *in loco* measurement method, in order to study and analyze the thermal performance in the light of that standard. This way, it was possible to identify, through the thermal performance analysis (both by the simplified method and by the *in loco* measurement method), the non-compliance with some of the criteria established by the mentioned standard for the analyzed building. In this sense, the contribution of this study is, in addition to analyzing and characterizing the studied environment, to understand the requirements and criteria attributed, and from this to infer about their applicability and the need to adapt them to the real needs of users.

Keywords: Post-Occupancy-Evaluation. Thermal performance. Performance standards.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Termômetro de globo portátil ITWTG-2000.	19
Figura 2 – Câmera térmica pontual FLY TG167.	19
Figura 3 – Termo-Anemômetro Digital Portátil TAD-800 (Instrutherm).	19
Figura 4 – Mapa de localização e implantação.	21
Figura 5 – Entorno imediato em um raio de aproximadamente 40m.	22
Figura 6 – Perspectiva esquemática.	22
Figura 7 – Fachada Norte/Sul.	23
Figura 8 – Fachada Leste/Oeste.	23
Figura 9 – Detalhe brise-soleil metálico.	23
Figura 10 – Ângulo entre brises.	23
Figura 11 – Espaçamento do brise até a parede.	24
Figura 12 – Brise-soleil, boleado perfurado.	24
Figura 13 – Equilíbrio que gera a sensação de conforto térmico.	27
Figura 14 – Zonas Bioclimáticas Brasileiras.	29
Figura 15 – Carta bioclimática de Givoni, adotada para o Brasil.	31
Figura 16 – Brise das salas de aulas do Bloco I da Universidade Federal do Tocantins em Palmas-TO.	37
Figura 17 – Exemplos de elementos de proteção solar externo do prédio da Justiça Federal em Palmas-TO.	37
Figura 18 – Resfriamento evaporativo: fonte e espelho d'água.	37
Figura 19 – Ventilação noturna.	38
Figura 20 – Fachada em pele de vidro do Instituto Vinte de Maio em Palmas-TO.	39
Figura 21 – Poliestireno expandido.	39
Figura 22 – Isolante térmico em vermiculita.	39

Figura 23 – Localização de Palmas no Tocantins e no Brasil.	40
Figura 24 – Gráfico comparativo precipitação.	41
Figura 25 – Gráfico comparativo temperatura.	42
Figura 26 – Gráfico comparativo evaporação.	43
Figura 27 – Gráfico comparativo insolação.	43
Figura 28 – Quadro comparativo da direção, velocidades médias do vento e calmarias por mês para a cidade de Palmas (TO), no período de 2005 a 2015.	44
Figura 29 – Estudo Solar Revit.	45
Figura 30 – Máxima temperatura da parede na fachada norte, 1º piso.	59
Figura 31 – Máxima temperatura da parede na fachada sul, 1º piso.	59
Figura 32 – Máxima temperatura da parede na fachada leste, 1º piso.	59
Figura 33 – Máxima temperatura da parede na fachada oeste, 1º piso.	59
Figura 34 – Máxima temperatura da parede na fachada norte, 3º piso.	60
Figura 35 – Máxima temperatura da parede na fachada sul, 3º piso.	60
Figura 36 – Máxima temperatura da parede na fachada leste, 3º piso.	61
Figura 37 – Máxima temperatura da parede na fachada oeste, 3º piso.	61
Figura 38 – Exemplos de coberturas.	62
Figura 39 – Exemplos de vidros.	63
Figura 40 – Brise	64
Figura 41 – Planta de vegetação existente e a ser implantada.	65
Figura 42 – Representação 3D: vegetação existente.	65
Figura 43 – Representação 3D: proposta de vegetação a ser implantada.	65
Figura 44: Modelo de Plantio adensado da arborização em áreas verdes e praças	66
Figura 45: Classificação do porte das árvores	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Materiais das esquadrias	24
Tabela 2 – Estudos de avaliação do ambiente numa APO.	26
Tabela 3 – Exemplos de paredes adequadas a zona 7.	30
Tabela 4– Exemplos de coberturas adequadas a zona 7.	30
Tabela 5 – Configuração do clima.	33
Tabela 6 – Transmitância térmica de paredes externas.	48
Tabela 7 – Capacidade térmica de paredes externas.	48
Tabela 8 – Propriedades térmicas de materiais de uso recorrente no Brasil.	49
Tabela 9 – Área mínima de ventilação em domínio e salas de estar.	50
Tabela 10 – Transmitância térmica, atraso térmico e fator solar admissíveis para cada tipo de vedação externa.	51
Tabela 11 – Atendimento à NBR 15575 (ABNT, 2013) pela medição <i>in loco</i> , no terceiro dia de medição.	57
Tabela 12 – Atendimento à NBR 15575 (ABNT, 2013) pela medição <i>in loco</i> , no primeiro dia de medição.	58
Tabela 13 – Quadro comparativo entre as temperaturas das paredes e temperaturas internas, 1º piso.	59
Tabela 14 – Quadro comparativo entre as temperaturas das paredes e temperaturas internas, 3º piso.	61

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Gráfico das temperaturas internas e externas durante os três dias de medição na orientação norte.	52
Gráfico 2 – Gráfico das temperaturas internas e externas durante os três dias de medição na orientação sul.	53
Gráfico 3 – Gráfico das temperaturas internas e externas durante os três dias de medição na orientação leste.	53
Gráfico 4 – Gráfico das temperaturas internas e externas durante os três dias de medição na orientação oeste.	54
Gráfico 5 – Umidade relativa do ar interna e externa durante os três dias de medição na orientação norte.	54
Gráfico 6 – Umidade relativa do ar interna e externa durante os três dias de medição na orientação sul.	54
Gráfico 7 – Umidade relativa do ar interna e externa durante os três dias de medição na orientação leste.	55
Gráfico 8 – Umidade relativa do ar interna e externa durante os três dias de medição na orientação oeste.	55
Gráfico 9 – Temperaturas externas do dia 20 de março (com precipitação).	55
Gráfico 10 – Temperaturas internas e externa no terceiro dia de medição (20/03/2019), orientação norte.	56
Gráfico 11 – Temperaturas internas e externa no terceiro dia de medição (20/03/2019), orientação sul.	56
Gráfico 12 – Temperaturas internas e externa no terceiro dia de medição (20/03/2019), orientação leste.	56

Gráfico 13 – Temperaturas internas e externa no terceiro dia de medição (20/03/2019), orientação oeste.	56
Gráfico 14 – Temperaturas das paredes no 1º piso.	59
Gráfico 15 – Temperaturas das paredes no 3º piso.	60

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APO	Avaliação Pós-Ocupação
CT	Capacidade Térmica
LACALT	Laboratório de Conforto Acústico, Lumínico e Térmico
SC	Sistemas de Cobertura
SVVIE	Sistema de vedação vertical interna e externa
R	Resistência
U	Transmitância térmica

AGRADECIMENTOS

Deus sempre esteve ao meu lado e me deu força, ânimo e crença para não desistir e continuar lutando por este meu sonho e objetivo de vida. A Ele eu devo minha gratidão.

Amigos, família, a vocês eu deixo uma palavra gigante de agradecimento. Aos meus pais, Jucivânia e Clorosvan, pelo apoio, força e amor incondicional. Sem vocês a realização desse sonho não seria possível. Aos meus irmãos e sobrinhos por sempre estarem ao meu lado, em especial ao meu irmão Ray por me ajudar sempre que precisei. Ao meu primo Pablo que nunca me negou ajuda, serei eternamente grata a você. Ao meu cunhado Raimundo e minha amiga Aline por terem me ajudado nas coletas de dados. Vocês foram meu apoio.

Aos professores, especialmente aos meus dois orientadores, Thyago Fellip Freitas e Lorena D'Arc Tork da Silva, eu agradeço a orientação incansável, o empenho e a confiança que ajudou a tornar possível este sonho tão especial. Professor Thyago Fellip obrigada por me guiar durante os momentos difíceis e me auxiliar sempre que necessário, mesmo depois de não ser mais meu orientador. A você professora Lorena obrigada pelo suporte no pouco tempo que lhe coube, pelas suas correções e incentivos.

A todas as pessoas que de alguma forma fizeram parte do meu percurso eu agradeço com todo meu coração.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	PROBLEMÁTICA	15
1.2	JUSTIFICATIVA	16
1.3	OBJETIVOS	16
1.3.1	Objetivo geral:	16
1.3.2	Objetivos específicos:	16
2	METODOLOGIA	18
2.1	QUANTO A COLETA DE DADOS E INSTRUMENTOS DE MEDIÇÃO	18
2.2	PERÍODO DE COLETA	19
2.3	COLETA TESTE	20
2.4	QUANTO A EDIFICAÇÃO	20
2.4.1	Localização e Implantação	20
2.4.2	Entorno imediato	21
2.4.3	Forma do projeto arquitetônico - projeto	22
2.4.4	Materiais aplicados na construção - projeto	23
3	REFERENCIAL TEÓRICO	25
3.1	ANÁLISE PÓS-OCUPAÇÃO	25
3.2	DESEMPENHO TÉRMICO	26
3.2.1	Conforto térmico	27
3.3	NORMAS TÉCNICAS DE DESEMPENHO	28
3.3.1	ABNT NBR 15.220 de Desempenho Térmico das Edificações de 2005	28
3.3.2	ABNT NBR 15.575 de Edificações habitacionais de até de cinco pavimentos - Desempenho de 2013	31
3.4	ESTUDO DAS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS	33
3.4.1	Clima	33
3.4.2	Geometria solar em edificações	34
3.4.3	Materiais aplicáveis à clima quente e seco e quente e úmido	35
3.4.4	Análise das condições climáticas de Palmas-TO	40
4	ANÁLISE DOS RESULTADOS	45
4.1	INCIDÊNCIA SOLAR E VENTILAÇÃO	45
4.2	ANÁLISE DO DESEMPENHO TÉRMICO PELO PROCEDIMENTO SIMPLIFICADO	45

4.2.1	Transmitância térmica	46
4.2.2	Capacidade térmica	48
4.2.3	Aberturas para ventilação.....	49
4.2.4	Isolamento térmico da cobertura.....	51
4.3	ANÁLISE DO DESEMPENHO TÉRMICO PELAS MEDIÇÕES NO LOCAL	51
4.4	RECOMENDAÇÕES PARA A MELHORIA DO DESEMPENHO TÉRMICO DA EDIFICAÇÃO.....	61
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS, LIMITAÇÕES DA PESQUISA E SUGESTÕES.....	67
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	69

1 INTRODUÇÃO

A procura por construções que satisfaçam as necessidades dos usuários vem se tornando cada vez maior. Logo, as construções que respeitem aos critérios mínimos de desempenho físico e adequado atendimento aos usuários quanto aos aspectos ambientais, funcionais e culturais, envolvidos na produção e utilização dos ambientes construídos se tornam ainda mais atrativas.

A satisfação do homem com o ambiente térmico que o circunda é um desafio a ser superado, sendo que a insatisfação com o ambiente pode ser causada pela sensação de desconforto produzido pelo frio ou pelo calor. Quanto mais intenso for o calor ou frio, menor será o conforto e eficiência do espaço ao usuário (FROTA; SCHIFFER, 2001).

Nesse contexto, métodos e técnicas consistentes de avaliação do desempenho e da satisfação dos usuários constituem um instrumento essencial para que engenheiros, arquitetos, agentes governamentais e sociedade possam estimar e certificar-se da qualidade funcional e ambiental das construções contemporâneas.

A Avaliação Pós-Ocupação (APO) vem se mostrando uma forma coerente de avaliar as determinantes relacionadas ao ambiente construído e comportamento humano. Essa avaliação é realizada através do levantamento e análise do desempenho dos ambientes construídos após a ocupação por seus usuários, ao longo de toda a sua vida útil, e serve como parâmetro para o desenvolvimento de futuras construções, baseando-se nos erros e acertos das construções já em uso (ORNSTEIN; ROMERO, 1992).

Especialmente em cidades de clima quente e seco, como é o caso de Palmas-TO, a APO para conforto ambiental, sobretudo no tocante ao conforto térmico, é um aspecto importante a ser avaliado, pois o desconforto pela temperatura pode trazer inúmeros inconvenientes aos usuários das edificações.

Nesse sentido, foi analisado o Prédio Buriti, localizado na cidade de Palmas-TO, situado no Paço Municipal na Quadra 502 Sul, na Praça Bosque dos Pioneiros, com propósito de fazer uma avaliação pós-ocupação e analisar o seu desempenho térmico, para assim propor possíveis adequações arquitetônicas, utilizando como parâmetro para isso a NBR 15575/2013.

1.1 PROBLEMÁTICA

A avaliação pós-ocupação pode se apoiar em análises técnicas e/ou comportamentais, para verificar os problemas existentes nas construções, gerando diagnósticos para fundamentar recomendações e intervenções em um edifício, sendo que um dos temas estudados nessa avaliação é analisar o desempenho térmico do edifício.

No que se refere ao conforto térmico, à cidade de Palmas-TO, deve receber uma atenção especial por ser uma região com elevadas temperaturas e com períodos de baixos índices de umidade, sendo necessária a aplicação de conceitos e parâmetros de conforto térmico.

Desta forma, questiona-se sobre a ótica da arquitetura desenvolvida pelo setor público, levando-se em consideração a história do desenvolvimento destes edifícios. Anteriormente esses eram concebidos nas áreas centrais da cidade, sempre próximos a grandes jardins e praças cívicas, além de se destacar pela monumentalidade, onde por vezes, a funcionalidade era menos importante que sua estética e, atualmente, encontram-se espalhados pela malha urbana das cidades.

Com base no supracitado, edifícios públicos continuam sendo construídos em grandes espaços abertos e com o princípio da monumentalidade, onde nota-se que muitos deles, são fortemente prejudicados pela incidência solar que, em sua maioria, tampouco estudo solar sobre as fachadas, com vista a insistência de se conceber prédios mais monumentais que funcionais.

Por conseguinte, o conforto térmico é imprescindível em qualquer tipo de ambiente, uma vez que o desconforto causado por elevadas temperaturas e baixa umidade são fatores que afetam significativamente o bom desempenho dos usuários.

Trazendo para o cenário de Palmas – TO, o edifício público, prédio Buriti, no Paço municipal, foi concebido dentro das características históricas de edifícios públicos. Esse edifício se destaca por sua composição formal e elementos utilizados em suas fachadas a fim amenizar a temperatura interna do prédio. Neste sentido, cabe analisar, através deste estudo, se a composição estrutural existente atende aos critérios de desempenho necessários para gerar um ambiente confortável ou não.

Com base no que foi descrito neste tópico, questiona-se como buscar melhorar o edifício público em estudo, no que diz respeito a seu desempenho térmico.

1.2 JUSTIFICATIVA

Devido a necessidade de proporcionar ambientes mais confortáveis aos usuários é necessário aplicar conceitos que garantam um adequado grau de conforto térmico no interior das construções, buscando soluções a fim de amenizar o desconforto dos usuários.

Com isso, são várias as análises pós-ocupação desempenhadas com o intuito de adequar e propor modificações nas construções, tendo em vista uma melhoria na relação entre os usuários e o ambiente construído, em virtude dos diversos benefícios provocados por ambientes termicamente confortáveis, que harmonizam o desenvolvimento de qualquer tipo de atividade, seja no trabalho, em casa ou em lugares públicos (ARANTES, 2013).

Mediante as normativas brasileiras sobre desempenho térmico (NBR 15.220/2005 e NBR 15.575/2013) são determinados requisitos e critérios que devem ser atendidos e obedecidos para que uma edificação satisfaça as exigências dos usuários. A edificação necessita reunir características que atendam às exigências de desempenho térmico, considerando-se a zona bioclimática definida na ABNT NBR 15220-3, devendo ainda atender aos requisitos e critérios de vedação e coberturas.

Diante disso, é de fundamental importância que os profissionais da construção civil realizem a APO, no intuito de diagnosticar problemas nas edificações em diversos aspectos, entre eles o desempenho ambiental, bem como contornar as dificuldades encontrados, prolongando a vida útil do edifício, afim de evitar transtornos futuros, e atender as necessidades dos usuários.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo geral:

Realizar estudo de Avaliação Pós-Ocupação com ênfase em desempenho térmico no Prédio Buriti, localizado no Paço Municipal em Palmas - TO, sob à luz da NBR 15575, com vistas a propor melhores condições de conforto térmico.

1.3.2 Objetivos específicos:

- Analisar a implantação da edificação e seu entorno, além das condições de incidência solar, ventilação e materiais utilizados.
- Avaliar o desempenho térmico dos materiais de vedação e cobertura quanto a transmitância térmica e capacidade térmica, além das aberturas de ventilação da edificação, conforme NBR 15.575/2013.

- Propor recomendações a partir dos dados obtidos pelo método simplificado e medições no local, com intuito de gerar melhorias térmicas à edificação.

2 METODOLOGIA

Esta pesquisa optou por desenvolver a análise com base em dois procedimentos exigidos pela NBR 15575 (ABNT, 2013): método simplificado (procedimento 1) e medições no local (procedimento 2).

2.1 QUANTO A COLETA DE DADOS E INSTRUMENTOS DE MEDIÇÃO

De acordo com Romero e Ornstein (2003), a aplicação de métodos e técnicas de APO deve sempre levar em consideração o ponto de vista técnico, com realização de vistorias, medições e análises, assim como a aferição dos níveis de satisfação dos usuários, quando possível.

Dentre os procedimentos aplicados numa APO, sobretudo no que tange ao conforto térmico, pode-se destacar nessa pesquisa: estabelecimento de critérios gerais e específicos de desempenho térmico para cada um dos ambientes a serem estudados, de acordo com as normas NBR; realização de análise técnica e elaboração de recomendações para o objeto de estudo e para futuros projetos.

No procedimento de medição no local, realizou-se à coleta de dados relativa à temperatura do ar interna e externa da edificação. Os dados foram coletados em temperatura ambiente, sem aparelhos de refrigeração mecânica, com as aberturas fechadas, de acordo com a determinação da NBR 15575 (ABNT, 2013), para que dessa forma fosse analisado e interpretado os dados coletados com o objetivo de compreender e explicar o objeto de estudo.

As medições foram realizadas no térreo e no 3º andar da edificação. Essa condição de medição deveu-se ao fato de o pavimento térreo estar mais próximo do piso e no 3º andar em virtude de possuir mais superfícies expostas a radiação solar direta, como as paredes e cobertura.

A coleta de temperatura do ar interna e externa foi realizada com o auxílio de dois equipamentos, o termômetro de globo e o termo-anemômetro, onde com esse primeiro equipamento também foi coletado a umidade relativa do ar interna e externa. Utilizou-se também a câmera térmica onde foi medida a temperatura radiante média (vedações) dos ambientes orientados as fachadas norte, sul, leste e oeste, conforme apêndices A e B.

Todos os equipamentos usados para a coleta de dados foram cedidos pelo Laboratório de Conforto Acústico, Lumínico e Térmico (LACALT) do curso de Arquitetura e Urbanismo do CEULP/ULBRA.

O termômetro de globo que foi utilizado foi o ITWTG-2000, conforme figura 1. O referido equipamento é destinado para medir a temperatura do ar, temperatura global e

umidade, para fornecer o índice de pressão do calor, para uso no controle de atividade física em ambiente quente e para limitar o perigo de danos relacionados ao calor.

A câmera térmica utilizada foi a FLY TG167, conforme figura 2. Essa câmera permite que haja a percepção do calor, de modo que se identifique exatamente para onde direcionar o local de medição, além de encontrar pontos quentes e frios não detectáveis de forma fácil.



Figura 1 – Termômetro de globo portátil ITWTG-2000.
Fonte: <https://www.highmed.com.br/itwtg-2000-termometro-de-globo-portatil/p>



Figura 2 – Câmera térmica pontual FLY TG167.
Fonte: <https://www.flir.com.br/products/tg167/>

O termo-anemômetro que foi utilizado foi o Digital Portátil TAD-800 da Instrutherm, conforme figura 3. Ele serviu para medir a velocidade do ar (m/s) e sua direção predominante.



Figura 3 – Termo-Anemômetro Digital Portátil TAD-800 (Instrutherm).
Fonte: <http://www.instrutherm.com.br/>

2.2 PERÍODO DE COLETA

As medições foram realizadas no período da manhã, do dia 20 a 22 de março (de quarta a sexta feira), sendo realizadas em um intervalo de duas em duas horas (8h, 10h e 12h), enquanto não havia expediente. No primeiro momento da pesquisa foi acordado que as medições seriam feitas durante o horário de expediente, ou seja, no intervalo de 13h as 19h. Entretanto em virtude de um contrassenso, não foi possível desligar os aparelhos de ar-condicionado no período diurno, por isso mediu-se fora do horário de expediente, ou seja, de 8h as 12h.

2.3 COLETA TESTE

A coleta teste teve por objetivo verificar a eficiência dos instrumentos de coleta de dados para que se pudesse validar a metodologia, sendo que nessa fase, também foi feito o reconhecimento físico-ambiental do objeto de estudo e de seu entorno. A coleta teste foi realizada do dia 11 ao dia 15 de março, uma semana anterior do período de medições, no período de expediente do prédio, com vistas a verificar e perceber a operacionalização dos equipamentos e dados, além de mitigar possíveis problemáticas no decorrer das medições.

2.4 QUANTO A EDIFICAÇÃO

O Prédio Buriti é um equipamento público municipal, patrimônio da Prefeitura Municipal de Palmas, inaugurado no ano de 2014. A princípio, foi ocupado por cinco secretarias municipais, sendo elas: Secretaria de Finanças; Secretaria de Desenvolvimento Social; Secretaria de Planejamento e Gestão; Secretaria de Transparência e Controle Interno e Procuradoria Geral do Município.

O prédio possui uma área total construída de 23.639,77 m², divididos entre o térreo e dois pavimentos. No pavimento térreo (1º piso) funciona a Procuradoria Geral do Município e Secretaria de Transparência e Controle Interno; no 2º piso Secretaria de Finanças, no 3º piso a Secretaria de Desenvolvimento Social e Secretaria de Planejamento e Gestão (Apêndice A e B).

2.4.1 Localização e Implantação

O prédio encontra-se localizado na Quadra 502 Sul no Plano Diretor de Palmas, no Bosque dos Pioneiros no Paço Municipal, conforme figura 4.

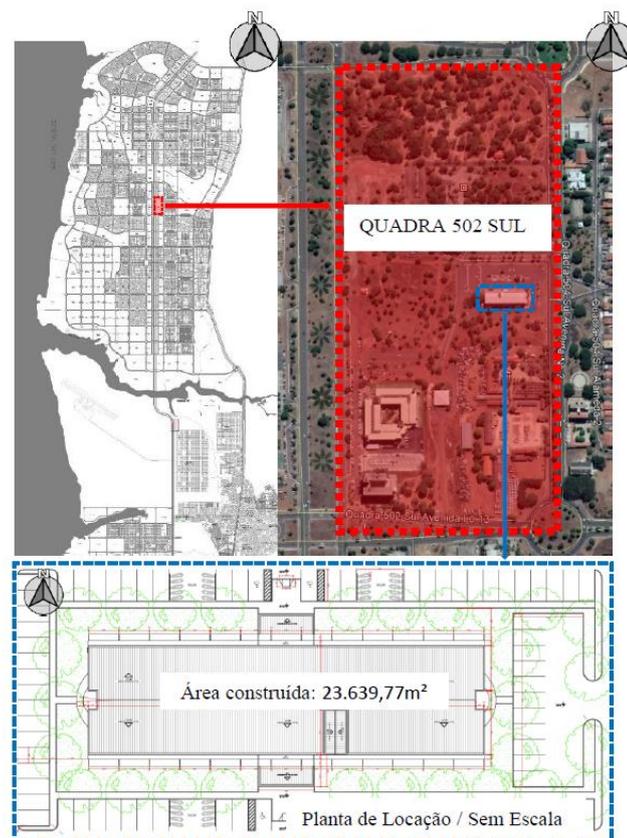


Figura 4 – Mapa de localização e implantação.

Fonte: GeoPalmas e Google Maps, 2018, adaptado pela autora, 2018.

2.4.2 Entorno imediato

Para melhor entender o comportamento do ar sobre uma edificação, é necessário analisar o entorno imediato no que se refere à relação entre edifício e massa vegetal, bem como o espaço externo urbano ao edifício (MASCARO; MASCARO, 2002).

Nesse sentido, é possível identificar conforme figura 5, em um raio de aproximadamente 40 m da edificação, que há pouca vegetação existente. Analisando a vegetação em relação a fachada da edificação, a face leste recebe o sol da manhã durante todo o ano. Já a face oeste recebe todo sol da tarde em todo o ano, entretanto possui maior massa vegetal em seu entorno, sendo possível observar pela figura 5.

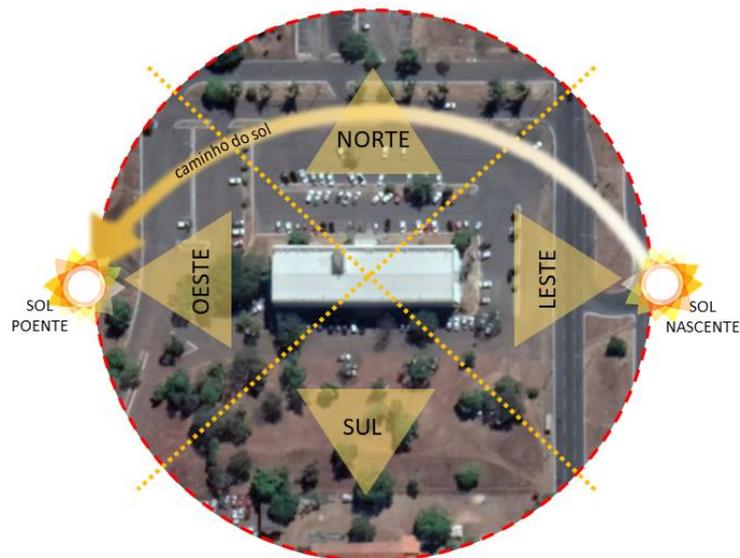


Figura 5 – Entorno imediato em um raio de aproximadamente 40m.
Fonte: Imagens do Google Maps, adaptada pela autora, 2018.

A face norte recebe sol em boa parte do ano durante o período da estiagem (período seco), sendo assim a sua fachada encontra-se totalmente exposta ao sol, sem vegetação ou outra edificação que possa sombreá-la, além de ter uma pavimentação asfáltica na frente da mesma absorvendo os raios solares, aquecendo o ar na proximidade da fachada. Já na face sul é possível ver algumas vegetações, mas essas por sua vez, pouco auxiliam no conforto da edificação, uma vez que essa fachada recebe mais incidência solar no período chuvoso.

2.4.3 Forma do projeto arquitetônico - projeto

A edificação possui um formato retangular, com 62.40m de comprimento e 17.40m de largura, com altura do pé direito de 3.08m e altura total de 10.92m, onde nas suas fachadas norte e sul, foram instalados brises horizontais a fim de amenizar a incidência solar no interior da edificação, conforme figuras 6, 7, 8, 9 e 10.

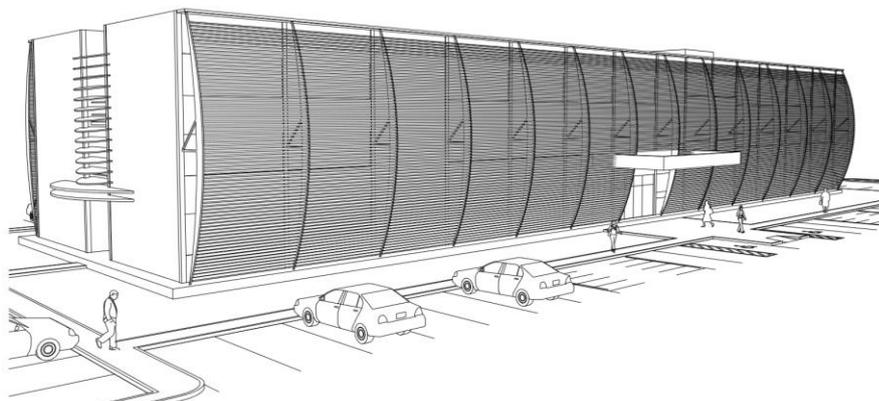


Figura 6 – Perspectiva esquemática.
Fonte: Arquivos Prefeitura Municipal de Palmas, 2010.

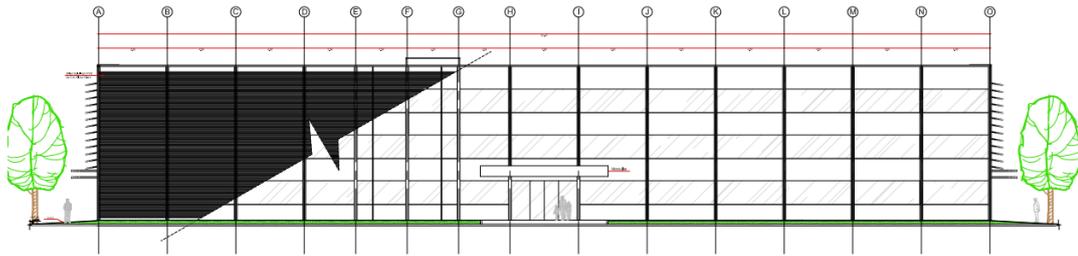


Figura 7 – Fachada Norte/Sul.
Fonte: Arquivos Prefeitura Municipal de Palmas, 2010.

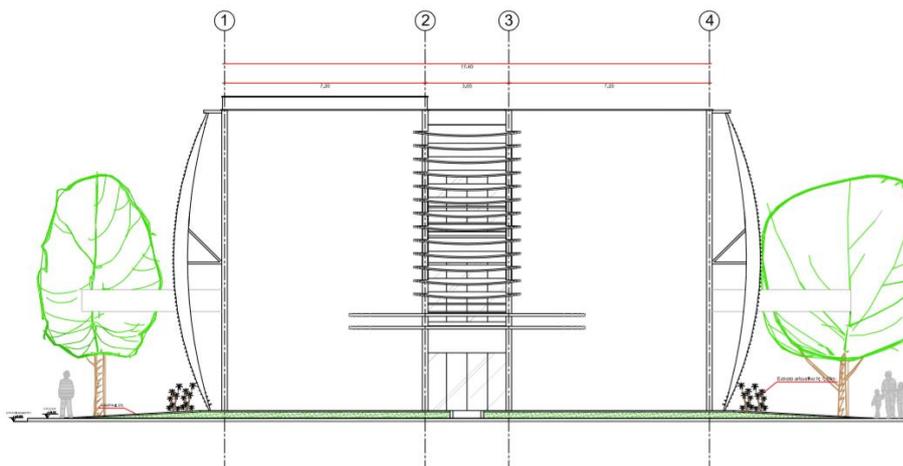


Figura 8 – Fachada Leste/Oeste.
Fonte: Arquivos Prefeitura Municipal de Palmas, 2010.

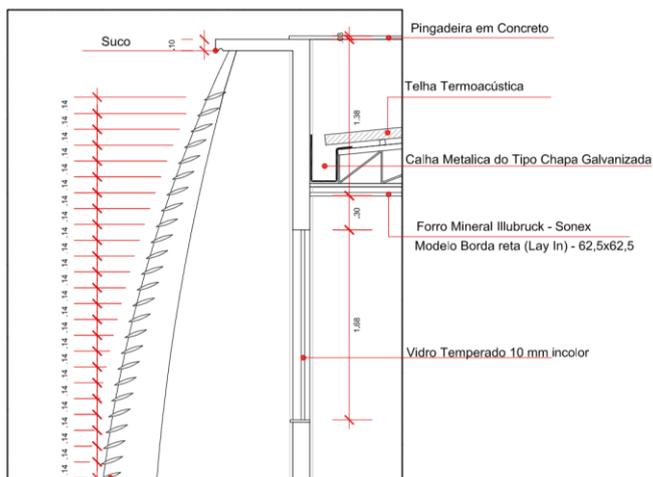


Figura 9 – Detalhe brise-soleil metálico.
Fonte: Arquivos Prefeitura Municipal de Palmas, 2010.

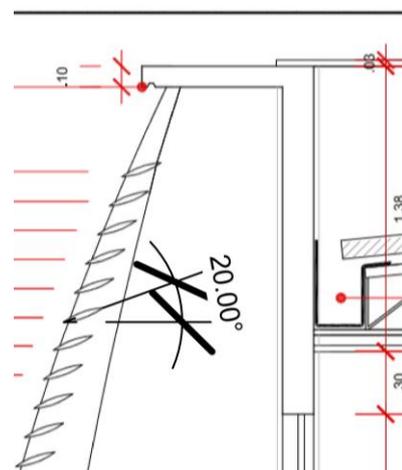


Figura 10 – Ângulo entre brises.
Fonte: Arquivos Prefeitura Municipal de Palmas, 2010.

2.4.4 Materiais aplicados na construção - projeto

Para a vedação da edificação (interna e externa) foram utilizados tijolos de alvenaria de 8 furos e espessura da parede de 14cm, devidamente emboçados e argamassados. Nas

paredes, utilizou-se de tinta acrílica na cor branco neve. O piso da edificação é composto por granitina cinza claro, e piso acimentado em alguns locais da edificação e as paredes dos banheiros receberam revestimento cerâmico de 25x40cm. Quanto às esquadrias (janelas e portas), a tabela abaixo apresenta os materiais utilizados nas mesmas.

Tabela 1 – Materiais das esquadrias

QUADRO DE ABERTURAS						
Quadro de legendas das PORTAS						
CODIGO	LARGURA	ALTURA	TIPO	MATERIAL		QUANT.
P1	4.60	2.10	Tipo correr – 02 fls.	Metal e vidro temperado 10 mm incolor		2
P2	0.90	2.10	1 Folha de giro	Madeira / Revestimento melamínico na cor branco neve		8
P3	0.70	2.10	1 Folha de giro	Madeira / Revestimento melamínico na cor branco neve		12
P4	0.90	1.85	Tipo correr – 01 fl.	Madeira / Revestimento melamínico na cor branco neve		6
P5	0.70	1.85	1 Folha de giro	Madeira / Revestimento melamínico na cor branco neve		30
P6	0.80	2.10	1 Folha de giro	Madeira / Revestimento melamínico na cor branco neve		5
P7	0.90	2.10	1 Folha de giro	Madeira / Revestimento melamínico na cor branco neve		6
P8	2.85	2.10	Tipo correr – 02 fls.	Metal e vidro temperado 10 mm incolor		6
Quadro de legendas das JANELAS						
CODIGO	LARGURA	ALTURA	PEITORIL	TIPO	MATERIAL	QUANT.
J1	4.60	1.68	1.10	Tipo Correr – 02 fls.	Metal e vidro temperado 10 mm incolor	55
J2	3.40	0.40	1.10	Tipo Correr – 02 fls.	Metal e vidro temperado 10 mm incolor	15
J3	3.40	1.08	1.70	Basculante	Metal e vidro temperado 10 mm incolor	6
J4	1.17	0.40	1.70	Basculante	Metal e vidro temperado 10 mm incolor	8

Fonte: Arquivos Prefeitura Municipal de Palmas, 2010.

Quanto aos brises instalados nas fachadas sul e norte da edificação foram instalados brises metálicos, na cor branca, boleados e perfurados, com espaçamento de 14 cm. A instalação nas paredes tem formato semicircular, onde a menor distância em relação a parede é de 0.60m e a maior é de 1.30m, conforme figuras 11 e 12.

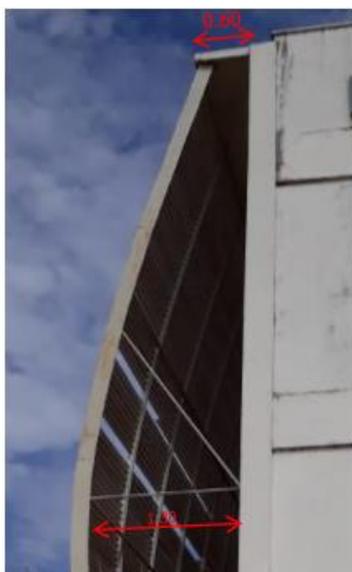


Figura 11 – Espaçamento do brise até a parede.
Fonte: Autora, 2018.



Figura 12 – Brise-soleil, boleado perfurado.
Fonte: Autora, 2018.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 ANÁLISE PÓS-OCUPAÇÃO

O comportamento humano e as construções apresentam uma relação, que está estreitamente ligada a padrões sociais, culturais e tecnológicos de sua época. Logo, o modo de vida das pessoas é modificado de acordo com as condições geradas no ambiente, as quais se alterem de acordo com a necessidade de seus usuários (ORNSTEIN, BRUNA; ROMERO, 1995).

O ambiente construído quando passa a ter um papel social pleno, contribui para que os novos projetos arquitetônicos contemplem melhor os requisitos de desempenho necessários ao bom funcionamento da edificação. A eficiência desse ambiente é medida pela satisfação do usuário e através da avaliação física do desempenho da edificação, promovendo uma intervenção que propicie uma melhoria da qualidade do ambiente (CERQUEIRA, 2001).

A APO é um método de levantamento e análise do comportamento dos ambientes construídos após a sua ocupação, ao longo de toda a sua vida útil (ORNSTEIN; ROMERO, 1992). Ela é uma alternativa metodológica amplamente utilizada para avaliar o desempenho de ambientes construídos e ocupados por certo período de tempo, e tem como finalidade aferir, por realimentação, os erros e acertos de projetos encontrados no objeto de estudo avaliado (REIS; LAY, 1995).

Esta análise permite a comparação entre as características que a edificação deveria apresentar e o real desempenho que ela apresentou após sua construção e ocupação. Com isso, através dessa avaliação pode-se corrigir aspectos negativos da construção e utilizar os pontos positivos como modelo (LEMBI; VALQUES, 2005).

Segundo Ornstein e Romero (1992), tem-se amplo conhecimento das fases de construção de uma edificação, entretanto, escassez de informações sobre o desempenho do mesmo após sua ocupação. Isso se deve porque existem, ainda, poucas pesquisas voltadas para a fase de uso, operação e manutenção, o que faz com que seja reduzida a vida útil destes ambientes construídos, pela ausência, desde o projeto, de análise preventiva.

De acordo com esses autores, isso se dá devido à ausência de conhecimento dos fatos ocorridos em ambientes já em uso, onde ocorre a repetição de falhas em projetos futuros de edifícios semelhantes. Uma alternativa para romper esse ciclo vicioso é a

obtenção de conhecimento dessas edificações, tanto do ponto de vista técnico, e até mesmo do ponto de vista dos usuários.

Conforme os mesmos autores, a APO tem a função de realizar análises comportamentais e técnicas do processo edificação-ocupação. Dessa forma, a autora organiza a avaliação do ambiente de acordo com a tabela 2.

Tabela 2 – Estudos de avaliação do ambiente numa APO.

Avaliação Técnico-Construtiva e Conforto Ambiental:	 Materiais e técnicas construtivas: estrutura, junta de dilatação, cobertura, impermeabilização etc.; Conforto ambiental: iluminação e ventilação (naturais e artificiais), conforto acústico e térmico, conservação de energia etc.
Avaliação Técnico-Funcional	 Avalia o desempenho funcional do espaço resultante entre aquele proposto originalmente e aquele construído.
Avaliação Técnico-Econômica	 Relaciona o seu custo com seu benefício (operação e manutenção).
Avaliação Técnico-Estética	 Cores, texturas, volumetria etc.
Avaliação Comportamental	 São as variáveis que lidam com o ponto de vista do usuário: privacidade, território, adequação ao uso e à escala humana etc.
Estrutura Organizacional	 Preocupa-se com as subvariáveis não necessariamente de ordem física. Podem fazer referência a problemas de ordem funcional ou gerencial de uma empresa.

Fonte: Ornstein; Romero, (1992). Adaptado pela autora, 2018.

3.2 DESEMPENHO TÉRMICO

A definição de desempenho é usada para avaliar o comportamento em uso das técnicas construtivas tradicionais gerando uma referência primordial útil para potencialização do processo de produção das edificações (SILVA, 2007).

Consoante Borges (2008), o conceito de desempenho mesmo sendo simples, a sua utilização prática por todas as partes relacionadas à Construção Civil é bastante difícil, pois além de envolver questões técnicas complexas e interesses políticos e financeiros, procura atender a requisitos dos usuários de imóveis que são subjetivos, variáveis, crescentes e de difícil mensuração.

O estudo sobre as exigências humanas de conforto térmico e do clima, relacionado ao das características térmicas dos materiais e dos princípios genéricos para o partido arquitetônico apropriado a climas particulares, propicia condições de projetar edifícios e espaços urbanos cuja resposta térmica atenda às exigências de conforto térmico (FROTA; SCHIFFER, 2001).

O desempenho térmico de uma edificação, segundo Gonçalves et al. (2004), coincide com a resposta da habitação, em termos de parâmetros climáticos interiores ao clima da área onde se encontra. A envoltória do edifício, que separa o ambiente interior do exterior, é determinante no desempenho térmico da edificação.

Complementando o posicionamento anterior, Sorgato (2009) afirma que os componentes da envoltória como as paredes, cobertura, aberturas e piso das edificações, que separam o ambiente interior do exterior são fundamentais para determinação de ganhos e perdas de calor entre o ambiente exterior e interior. As propriedades termofísicas dos materiais, a forma arquitetônica, a orientação das paredes e aberturas determinam seu desempenho térmico em relação ao ambiente exterior e interior. As cargas internas também podem influenciar significativamente no desempenho da mesma.

3.2.1 Conforto térmico

Conforto térmico é definido como o estado de satisfação do homem com o ambiente térmico que o rodeia. A insatisfação pode ser causada pela sensação de desconforto pelo calor ou pelo frio, quando o balanço térmico não é estável, ou seja, quando há diferenças entre o calor produzido pelo corpo e o calor perdido para o ambiente (LAMBERTS, 2016). A figura 13 apresenta o equilíbrio que gera a sensação de conforto térmico.



Figura 13 – Equilíbrio que gera a sensação de conforto térmico.
Fonte: LAMBERTS, 2016.

Segundo Abrantes (2004), o comportamento de uma pessoa pode ser interferido de maneira positiva ou negativa de acordo algumas variáveis, como características das edificações, arranjos físicos inadequados, poeiras, calor, radiação e iluminação, dentre outras.

De acordo com Moraes (1999) não é só a temperatura do ambiente que interfere na sensação de calor do ser humano, mas também a umidade, o movimento da massa de ar, os efeitos da radiação das paredes ou outras superfícies, além das características individuais como idade, saúde, sexo, grau de atividade e alimentação.

O ser humano mantém a temperatura do corpo praticamente constante, em torno de 37°C, isto é, são seres homeotérmicos, possuindo um mecanismo de regulação térmica que os permite adequar-se às variações climáticas. A termorregulação, mesmo sendo um meio natural de controle das perdas e ganhos de calor pelo organismo, é um esforço extra, que pode acarretar na queda de potencialidade de trabalho (RUAS, 1999).

O conforto térmico é obtido quando o organismo perde para o ambiente calor produzido conciliável com sua atividade, sem que precise utilizar nenhum mecanismo de termorregulação (OLIVEIRA; RIBAS, 1995).

Segundo Frota e Schiffer (2001), quando o organismo humano funciona sem que seja submetido à fadiga ou estresse, inclusive térmico (quando são prejudicadas as trocas de calor entre o ambiente e o corpo), o homem possui melhores condições de vida e saúde.

O conforto e a eficiência dos usuários de um determinado ambiente são afetados quanto mais intenso for o calor. O excesso de calor ocasiona vários danos ao indivíduo, deixando-o cansado, diminuindo sua atenção e aumentando a possibilidade de ocorrer erros ou acidentes, podendo ainda causar as doenças do calor (GRZYBOWSKY, 2004).

A sensação de calor é influenciada através do clima e as estações do ano. Entretanto, mesmo sendo possível o controle do clima interno da edificação, não pode ser controlado o clima externo, necessitando mitigar por meio da envolvente do edifício e da interação deste com o meio ambiente (BERALDO, 2006).

Bormio (2007), afirma que em termos de conforto térmico, para a concepção de um ambiente adequado, precisa-se conhecer o local onde o edifício vai ser instalado, analisar o clima local e estratégias projetuais que possam ser empregadas. Além de ser necessário fazer estudos de bioclimatologia inseridos na arquitetura.

3.3 NORMAS TÉCNICAS DE DESEMPENHO

3.3.1 ABNT NBR 15.220 de Desempenho Térmico das Edificações de 2005

Pertinente ao desempenho térmico de edificações, atualmente vigora no Brasil a NBR 15.220 (ABNT 2005), que está dividida em cinco partes, que se referem aos

métodos de cálculo e medição de propriedades térmicas dos componentes construtivos das edificações.

A NBR 15220-3 (ABNT, 2005c) expõe o Zoneamento Bioclimático Brasileiro e as Diretrizes Construtivas para Habitações Unifamiliares de Interesse Social. O Brasil foi subdividido em oito zonas, de acordo com esta classificação, cujas exigências climáticas se assemelham, conforme figura 14.

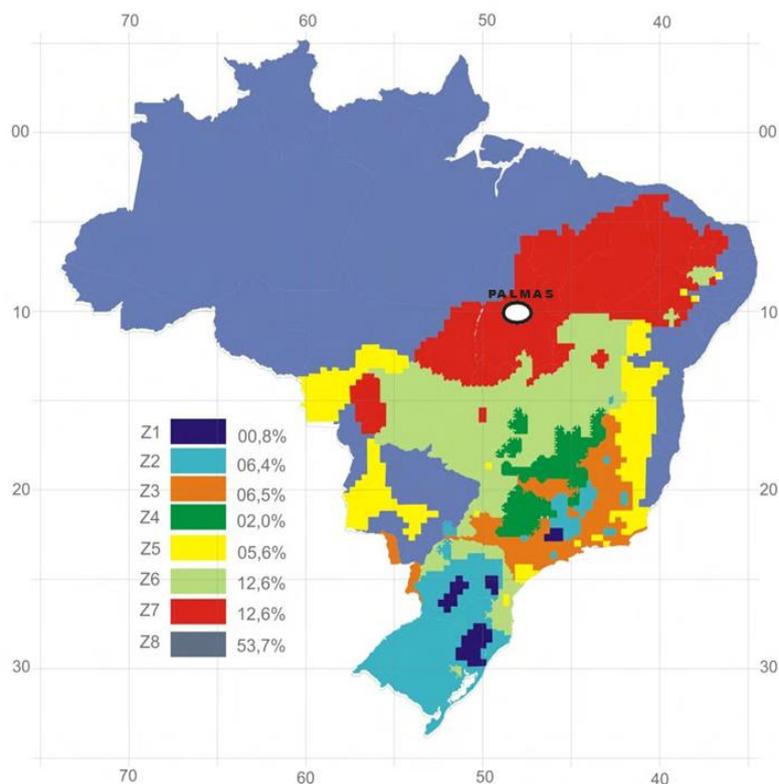


Figura 14 – Zonas Bioclimáticas Brasileiras.
Fonte: NBR 15.220-3, 2005, adaptado pela autora, 2018.

As diretrizes construtivas são específicas para cada zona bioclimática, sendo realizada com base na verificação do atendimento de cada parâmetro identificado por essa norma, tais como: tamanho das aberturas para ventilação (expressas como percentual de área de piso); proteção das aberturas; vedações externas, parede externa e cobertura, informando o tipo de vedação (leve ou pesada, refletora ou isolada); estratégias de condicionamento térmico passivo.

Ainda na parte 3 da NBR 15220 as paredes e coberturas são caracterizadas termicamente a partir dos valores de resistência térmica, capacidade térmica, atraso térmico e fator solar. As tabelas 3 e 4 mostram exemplos de paredes e coberturas adequadas a zona 7, onde se enquadra a cidade de Palmas-TO, respectivamente.

Tabela 3 – Exemplos de paredes adequadas a zona 7.

Zonas 4, 6 e 7	Paredes pesadas: $U \leq 2,20$ $\phi \geq 6,5$
	<p>Parede dupla de tijolos de 6 furos circulares (espessura = 26 cm)</p> <p>Parede dupla de tijolos de 21 furos circulares (espessura = 30 cm)</p> <p>Parede dupla de tijolos de 6 furos circulares (espessura = 36 cm)</p> <p>Parede dupla de tijolos de 8 furos quadrados (espessura = 44 cm)</p> <p>Parede dupla de tijolos de 8 furos circulares (espessura = 46 cm)</p>

Fonte: NBR 15.220-3, 2005.

Tabela 4– Exemplos de coberturas adequadas a zona 7.

Zona 7: Cobertura pesada $U \leq 2,00$ $\phi \geq 6,5$
 <ul style="list-style-type: none"> • Cobertura de telha de barro com laje de concreto de 20 cm ou 25 cm • Cobertura de telha de fibro-cimento com laje de concreto de 20 ou 25 cm • Cobertura de telha de barro, lâmina de alumínio polido e laje de concreto de 20 ou 25 cm • Cobertura de telha de fibro-cimento, lâmina de alumínio polido e laje de concreto de 20 ou 25 cm

Fonte: NBR 15.220-3, 2005.

Para as aberturas as recomendações da norma são feitas para o tamanho da área de ventilação e as proteções para sombreamento destas. Além de serem apresentadas as recomendações para as propriedades térmicas dos componentes construtivos e algumas recomendações de estratégias de condicionamento térmico passivo como: ventilação cruzada, resfriamento evaporativo, massa térmica, dentre outras.

As estratégias de condicionamento ambiental recomendadas pela NBR 15220-3 são baseadas na carta bioclimática de Givoni (1992), conforme figura 15, e nas planilhas de Mahoney (KOENIGSBERGER et al., 1977). As propriedades térmicas dos elementos construtivos foram definidas para cada zona bioclimática, de acordo com as estratégias bioclimáticas recomendadas para aquele clima.

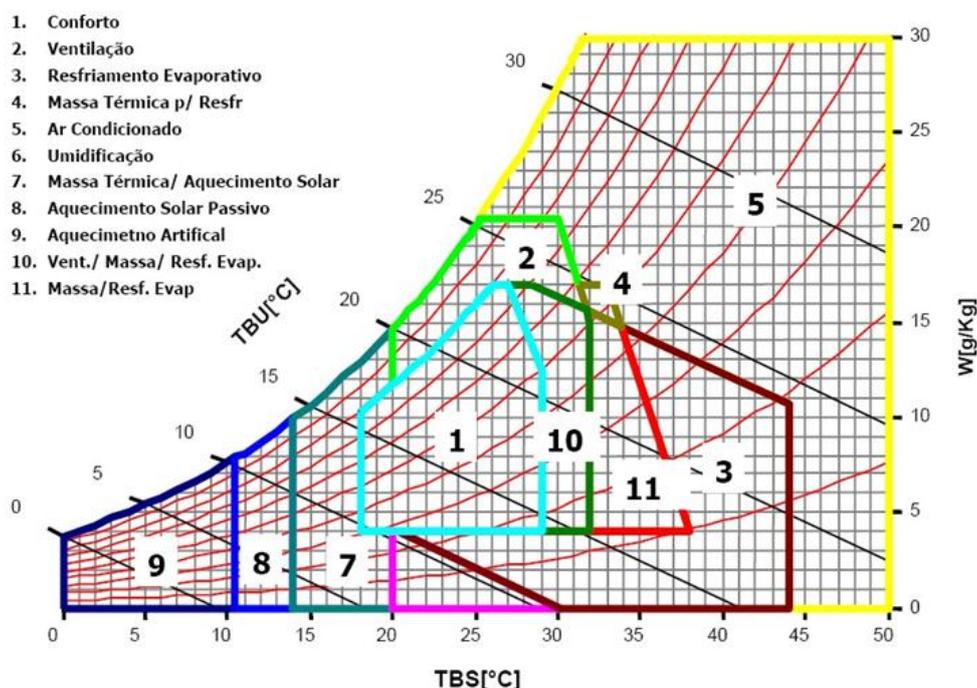


Figura 15 – Carta bioclimática de Givoni, adotada para o Brasil.

Fonte: http://www.usp.br/faudisciplinaspaginasarquivosaut_0264_aula3_arquitetura_clima.pdf.

Apesar da NBR 15220-3 fazer referência à habitação de interesse social, as recomendações e diretrizes que expressa visam à potencialização do desempenho térmico e são baseadas em estratégias de adaptação da edificação ao clima. Desse modo, essa norma é uma relevante referência normativa para a prescrição de estratégias bioclimáticas a serem incorporadas no projeto de edificações.

3.3.2 ABNT NBR 15.575 de Edificações habitacionais de até de cinco pavimentos - Desempenho de 2013

A NBR 15575 preconiza o desempenho de edifícios habitacionais com até cinco pavimentos. A norma estabelece três procedimentos de avaliação: I) o procedimento simplificado, II) o procedimento de simulação computacional e III) procedimento medição (ABNT, 2013).

O procedimento 1 realiza a verificação do atendimento aos requisitos e critérios para fachadas e coberturas, estabelecidos nas ABNT NBR 15575-4 e ABNT NBR 15575-5, para os sistemas de vedação e para os sistemas de cobertura, respectivamente. O procedimento 2 verifica o atendimento aos requisitos e critérios estabelecidos nesta ABNT NBR 15575-1, por meio de simulação computacional do desempenho térmico do edifício. E o procedimento 3 verifica o atendimento aos requisitos e critérios estabelecidos nesta ABNT NBR 15575-1, por meio da realização de medições em edificações ou protótipos construídos, considerando-se os dias típicos de projeto de inverno e verão, específicos de cada local (ABNT, 2013).

A classificação dos níveis de desempenho é feita de acordo com a adequação do projeto aos critérios estabelecidos pela norma, em três categorias: nível M (mínimo), I (intermediário) ou S (superior).

A norma define com relação às fachadas apenas os requisitos mínimos que devem ser atendidos, referentes à classificação de nível de desempenho mínimo: as propriedades termofísicas, transmitância e capacidade térmica, de acordo com a absorptância da superfície externa.

- **Transmitância térmica**

De acordo com Lamberts, Dutra e Pereira (2013) a transmitância térmica é a variável mais importante para avaliação do desempenho de fechamentos opacos. Através desta variável se pode avaliar o comportamento de um fechamento opaco frente à transmissão de calor, tendo subsídios inclusive para comparar diversas opções de fechamentos. Algebricamente, a norma NBR 15220 (ABNT, 2005) define transmitância térmica pelo inverso da resistência total do fechamento.

- **Capacidade térmica**

Capacidade térmica é uma propriedade dos materiais construtivos que indica sua maior ou menor capacidade em reter calor. Um material de grande capacidade térmica necessita de uma grande quantidade de calor para variar um grau de temperatura seus componentes por unidade de área. Através da obtenção do valor de capacidade térmica se pode avaliar o quanto um determinado material pode contribuir em termos de inércia térmica para um ambiente (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2013).

- **Absortância térmica**

De acordo com a NBR 15220 (ABNT, 2005), a absorptância térmica pode ser explicada no momento em que a radiação incide em um fechamento opaco, na qual

haverá uma parcela refletida e outra absorvida. Logo, o percentual da parcela de radiação que determinada superfície irá absorver é representado pela absorptância térmica. Esta propriedade é definida pela cor do material.

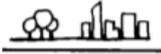
3.4 ESTUDO DAS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS

3.4.1 Clima

O ambiente urbano recebe influência direta de elementos climáticos globais e locais de acordo com Romero (2000), sendo que, os fatores climáticos locais são aqueles fatores que condicionam, determinam e dão origem ao microclima mais próximo do edifício (a topografia, a vegetação e a superfície do solo natural ou construído).

Consoante a mesma autora, os elementos climáticos são aqueles que representam os valores relativos a cada tipo de clima (a temperatura, a umidade do ar, as precipitações e os movimentos do ar). Esses elementos e fatores climáticos locais atuam em conjunto e cada um deles é o resultado da conjugação dos demais, conforme tabela 5.

Tabela 5 – Configuração do clima.

FATORES CLIMÁTICOS LOCAIS	
	Topografia: <i>Declividade/orientação/exposição/elevação</i>
	Vegetação
	Superfície do solo: <i>Natural ou construído/reflexão/permeabilidade/temperatura/rugosidade</i>
ELEMENTOS CLIMÁTICOS	
	Temperatura: <i>Valores médios/variações/valores extremos/diferenças térmicas entre o dia e a noite</i>
	Umidade do ar: <i>Absoluta/relativa/pressão de vapor</i>
	Precipitações: <i>Chuva/neve (todo tipo de água que se precipita da atmosfera).</i>
	Movimento do ar: <i>Velocidade/direção/mudanças diárias e estacionais</i>

Fonte: Romero, 2000, adaptado pela autora, 2018.

De acordo com Frota e Schiffer (2001), a adequação da arquitetura de um determinado local com o seu clima significa construir ambientes que viabilizem ao homem condições de conforto. Cabe à arquitetura suavizar as sensações de desconforto

decorrentes de climas muito rigorosos, como as de excesso de frio, calor ou vento, além de proporcionar ambientes, no mínimo, tão agradáveis como os espaços ao ar livre em climas amenos.

Segundo os mesmos autores, entre os elementos climáticos definidores do clima de cada região, os que mais afetam no desempenho térmico dos ambientes são: o sentido dos ventos, a predominância de época, a oscilação diária e anual da temperatura e umidade relativa, a porcentagem de nebulosidade do céu, a quantidade de radiação solar incidente e os índices pluviométricos.

A principal causa de desconforto térmico, em climas tropicais, é o ganho de calor adquirido pela absorção de energia solar que atinge as superfícies das edificações. Logo, é pertinente, no processo de concepção do projeto arquitetônico, proteger as superfícies da radiação solar dos ambientes, especialmente com relação às atividades realizadas nestes, além da permeabilidade do vento na edificação. Outro aspecto a se considerar nos primeiros esboços de uma proposta arquitetônica para melhorar a sensação de conforto é o de assegurar conforto térmico de forma passiva aos ocupantes de uma edificação (CORBELLA; YANNAS, 2003).

Nas regiões majoritariamente quentes no Brasil, a arquitetura deve colaborar para diminuir a diferença entre as temperaturas externas e internas do ar. Entretanto, apenas com a utilização de recursos naturais nem sempre é possível um desempenho térmico satisfatório, principalmente em condições climáticas muito rigorosas. Mas, mesmo nesses casos devem-se analisar proposições que potencializem o desempenho térmico natural, podendo assim reduzir a potência necessária dos equipamentos de refrigeração ou aquecimento (FROTA; SCHIFFER, 2001).

3.4.2 Geometria solar em edificações

O Sol ao incidir sobre um edifício apresenta, em grande ou pequena escala, um ganho de calor. Esse ganho se dá em função da intensidade da radiação solar incidente e das características térmicas dos materiais. Neste caso, a radiação solar, como variável climática, deve ser medida (FROTA; SCHIFFER, 2001).

Contudo, esses autores afirmam que há dificuldades para a obtenção de dados medidos devido à complexidade ocasionada pelo “movimento” do Sol pela conversão dos dados, uma vez que os instrumentos existentes registram dados referentes à

incidência sobre o plano normal aos raios e são necessários dados relativos à radiação incidente sobre as fachadas e coberturas dos edifícios

Consoante os mesmos autores, para proteger a envoltória de uma edificação, é necessário determinar a posição do Sol, para o local em questão, na época do ano em que se deseja barrar seus raios diretos, seja com elementos construídos, seja com vegetação. Para esse fim, deve-se recorrer a algumas noções básicas da Geometria da Insolação, para que se possibilite determinar graficamente os ângulos de incidência do Sol, em função da latitude, da hora e da época do ano.

O conhecimento da geometria solar é de suma importância para engenheiros e arquitetos, pois a maior parte do território brasileiro tem verões quentes com grandes períodos de sol, tendo o sombreamento como uma das estratégias bioclimáticas mais indicadas. As proteções solares são utilizadas quando a radiação direta não é desejada dentro do ambiente. O projeto das proteções exige o conhecimento dos movimentos do Sol e da Terra, e de seus efeitos sob a visão do observador (LAMBERTS, 2016).

A Geometria da Insolação mensura os horários de insolação para diferentes orientações de parede em cada latitude particular, a partir de gráficos simplificados. Essa determinação gráfica de sombras é importante, principalmente em áreas urbanas, posto que em grande parte do dia os raios solares diretos podem ser barrados pelas construções vizinhas, modificando, portanto, o horário real de insolação (FROTA; SCHIFFER, 2001).

Por meio de estudos a respeito do trajeto do sol, faz-se possível a identificação da melhor posição de implantação do edifício no lote em relação ao astro durante as quatro estações do ano, a visualização das sombras produzidas por um edifício e as máscaras de sombra no céu projetadas por um objeto. Através dessas análises é possível adotar soluções projetuais que podem minimizar a carga térmica nas fachadas e aberturas da edificação (MASCARELLO, 2005).

3.4.3 Materiais aplicáveis à clima quente e seco e quente e úmido

O desempenho térmico de um prédio é regulado de acordo com os materiais utilizados na construção, influenciando assim no conforto térmico de seus usuários. Ter o conhecimento das propriedades térmicas dos materiais de construção e das leis básicas de transferência de calor possibilita prever qual será a resposta de um prédio às variações do clima externo e com isso tomar decisões a respeito de quais materiais

empregar num determinado clima, para facilitar uma situação de conforto térmico aos seus habitantes (CORBELLA; YANNAS, 2003).

Os mesmos autores propõem uma análise inicial para a escolha de materiais, tendo em vista o controle do ganho de calor e à dissipação da energia térmica interior, o que propiciará o conforto térmico dos usuários, por meio de algumas sugestões:

- Deve-se utilizar uma capa de isolante térmico, além de materiais pesados nas superfícies mais castigadas pelo sol, o teto ou as paredes do leste e as do oeste, se não forem protegidas com elementos externos ou vegetação;
- Podem ser utilizados materiais leves se as variações diárias de temperatura forem menores que 5° C, para as paredes que não recebem sol, ou para as divisórias internas;
- É pertinente utilizar materiais pesados para as paredes externas e internas se a amplitude térmica diária, durante períodos longos, for frequentemente maior que 10°C;
- Os materiais bons condutores de calor podem ser utilizados em paredes que separam ambientes habitados de setores não habitados e sem sol, como: garagens, porões, depósitos, ambientes encostados na terra etc., para dissipar o calor interno;
- Retardar a propagação da onda de temperatura pelo corpo da parede, para que não cause problemas na hora de sua chegada ao interior do edifício;
- Dispor elementos internos para que absorvam calor de maneira que a temperatura do ar interno não suba tanto, e restitua esse calor quando a temperatura baixar.

Nas regiões de clima quente e seco e úmido, assim como na cidade de Palmas-TO, é aconselhável a obstrução da radiação solar direta por meio do sombreamento em todos os períodos do ano. Para tal, além dos desenhos dos próprios elementos de proteção, é necessária uma maior versatilidade no uso do conjunto janela/veneziana ou similar, de maneira que permita ventilação, iluminação, estanqueidade à água e sombreamento seletivo, quando necessário (MEDEIROS et al., 2012).

Os autores ainda afirmam que alguns componentes da própria edificação como beirais, brises, pérgulas, cobogós, dentre outros protetores podem obter sombreamento, podendo ser usados como estratégia de resfriamento passivo do edifício, não permitindo

que o sol invada diretamente o ambiente durante as horas mais quentes do dia, conforme figuras 16 e 17. Sendo que, também é possível utilizar da vegetação, já que, um paisagismo planejado de forma eficiente dentro do projeto pode ser um meio para criar um microclima e amenizar temperaturas no exterior das edificações.



Figura 16 – Brise das salas de aulas do Bloco I da Universidade Federal do Tocantins em Palmas-TO.
Fonte: Autora, 2018.



Figura 17 – Exemplos de elementos de proteção solar externo do prédio da Justiça Federal em Palmas-TO.
Fonte: Imagens do Google, 2013.

Nas regiões desse contexto climático ainda pode ser recomendado o resfriamento evaporativo, conforme figura 18, obtido através do uso de paisagismo, fontes de água, espelhos d'água, ventiladores com aspersão de água ou outros recursos que permitam a evaporação da água diretamente no ambiente que se deseja resfriar. Dessa forma, pode-se aumentar o desempenho térmico da edificação, uma vez que ao passar por um local sombreado ou uma área com água, antes de entrar na edificação, a temperatura do vento diminui (MEDEIROS et al., 2012).

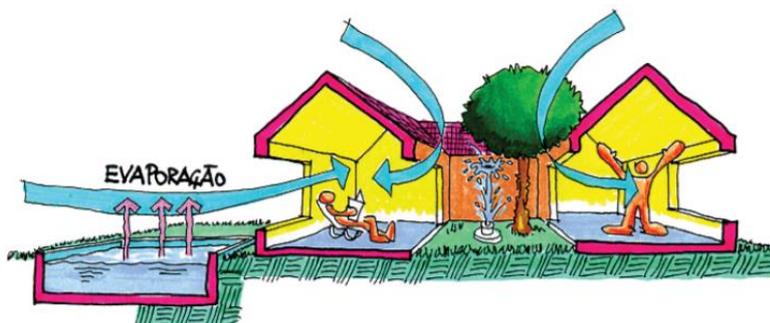


Figura 18 – Resfriamento evaporativo: fonte e espelho d'água.
Fonte: Lamberts et al, 2013.

A NBR 15220 (ABNT, 2005) aponta que através do uso de paredes (externas e internas) e coberturas com maior massa térmica, podem ser obtidas temperaturas

internas mais agradáveis, de forma que o calor armazenado durante o dia seja devolvido ao meio exterior durante a noite quando as temperaturas externas diminuem.

Segundo essa norma, os materiais com muita massa térmica presentes no edifício quando estão protegidos da luz solar direta absorvem calor na medida em que o mesmo se acumula ao longo do dia. Portanto, é possível aumentar a capacidade da massa térmica de absorver calor por meio da ventilação noturna, conforme figura 19.

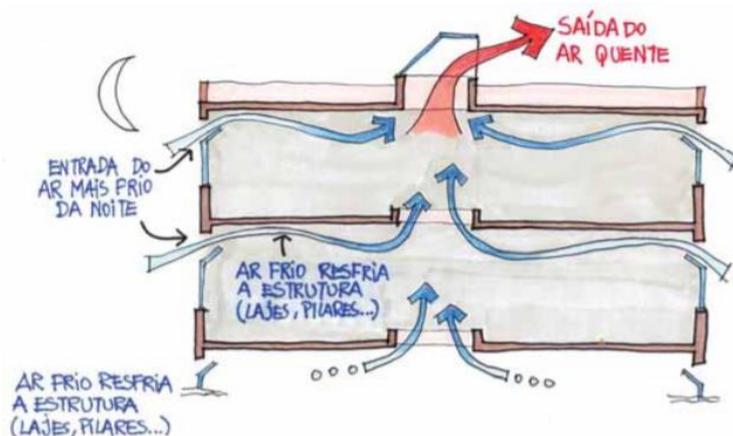


Figura 19 – Ventilação noturna.
Fonte: Lamberts et al, 2013.

A percepção de conforto dos usuários pode ser melhorada ainda através da ventilação natural, devendo haver tomadas e saídas de ar, por meio das janelas e venezianas, em lados opostos da edificação, sendo necessário que elas estejam abertas. (MEDEIROS et. al., 2012).

Um erro comum que acontece regularmente em relação ao uso de materiais na construção é a cópia de projetos provenientes de outros climas, onde se projetam grandes aberturas envidraçadas, colocando depois vidros de cores escuras para tentar proteger o ambiente interno da excessiva radiação solar que entra por elas, (correto em princípio, pois a radiação solar que penetra é menor, porque o vidro de cor escura absorve grande parte dessa energia) (CORBELLA; YANNAS, 2003).

Entretanto, esses autores afirmam que ao absorver mais energia, o vidro esquenta demais, enviando grande parte desse calor para dentro do edifício, aquecendo o ambiente interno, ou seja, tirou-se uma parte do calor que vem do sol, mas no seu lugar agora há energia radiada pelos vidros quentes e pelas luminárias, que aquecem de igual maneira o ambiente e ainda aumentou-se o consumo de energia elétrica

Diante disso, grandes painéis de vidro podem ser utilizados nos locais onde a luz natural é pretendida, conforme figura 20. Entretanto, deve-se tomar cuidado com a

abundância de luminosidade devido ao ganho térmico para o edifício ou a possíveis ofuscamentos não desejados para determinadas tarefas. Para isso podem ser projetadas esquadrias que conjuguem partes translúcidas e partes opacas, possibilitando a luminosidade adequada para o ambiente sem que promova ganho térmico excessivo (MEDEIROS et al., 2012).



Figura 20 – Fachada em pele de vidro do Instituto Vinte de Maio em Palmas-TO.
Fonte: Site Prefeitura de Palmas, 2016.

Medeiros et al. (2012) ainda afirma que para o aproveitamento da iluminação natural são utilizadas as aberturas zenitais, posicionadas na cobertura das edificações, como as clarabóias ou sheds, contribuindo para o conforto da edificação, além de desempenharem também um papel estético.

Em relação à cobertura podem-se utilizar materiais conhecidos como isolantes “resistivos”, que reduzem a transferência de calor por condução. Entre os isolantes resistivos tradicionais encontram-se as mantas e painéis constituídos de fibras minerais ou fibras orgânicas flexíveis, as espumas plásticas rígidas de poliuretano ou poliestireno expandido, a vermiculita expandida ou perlita em grânulos e os flocos de lã minerais, conforme figuras 21 e 22 (VITTORINO, SATO; AKUTSU, 2003).



Figura 21 – Poliestireno expandido.
Fonte: Imagens do Google, 2010.



Figura 22 – Isolante térmico em vermiculita.
Fonte: Imagens do Google, 2012.

Os autores mencionados acima afirmam que esses materiais têm a resistência térmica devido principalmente à grande quantidade de ar presente entre as fibras ou confinado nas pequenas células formadas no processo de expansão das espumas e dos isolantes granulares. Além desses materiais que reduzem os ganhos de calor pela cobertura, pode-se diminuir a absorção da energia solar pelo uso de materiais de alta refletância na sua face externa ou reduzir a quantidade de energia térmica de onda longa irradiada para o interior dos recintos com a utilização de materiais de baixa emissividade.

3.4.4 Análise das condições climáticas de Palmas-TO

A capital do Estado do Tocantins (figura 23) localiza-se a latitude de $10^{\circ}12'46''\text{S}$ e longitude $48^{\circ}21'37''\text{W}$, com uma altitude média de 230 metros. Segundo a Secretaria do Planejamento e Meio Ambiente do estado do Tocantins, a cidade possui clima úmido e subúmido com pequenas deficiências hídricas, evapotranspiração potencial média anual de 1.600 mm, distribuindo-se no verão em torno de 410 mm ao longo dos três meses consecutivos com temperatura mais elevada (FREITAS et al., 2010).



Figura 23 – Localização de Palmas no Tocantins e no Brasil.
Fonte: SEPLAN (2005).

Segundo Silva (2003), em relação ao aspecto térmico, a cidade de Palmas possui um clima correspondente ao tropical quente e seco, com duas estações bem definidas, uma chuvosa, entre os meses de outubro a abril, e a outra seca entre o período de maio a setembro, com médias mensais superiores a 25°C, atingindo temperaturas máximas de 41°C no final do período de seca.

A cidade de Palmas (TO) possui umidade relativa do ar superior a 70% durante oito meses, e entre 50% e 70% durante quatro meses. Na capital praticamente todos os meses do ano há a necessidade de climatização artificial, exceto agosto, isso significa que mesmo com a utilização de condicionamento térmico passivo ainda existe a necessidade de utilizar resfriamento artificial (FREITAS et. al., 2010). Contudo há que se ressaltar que estes elementos devem ser trabalhados para consumir o mínimo possível e melhorar a eficiência energética do edifício.

Dados climáticos da cidade de Palmas - TO

- **Precipitação**

Conforme Guarda (2006), o semestre úmido, de novembro a abril, concentra aproximadamente 80% dos totais médios anuais precipitados, sendo que apenas as precipitações ocorridas em fevereiro e março correspondem a 30% do total médio anual. O total médio anual de Palmas chega a mais de 1900 mm.

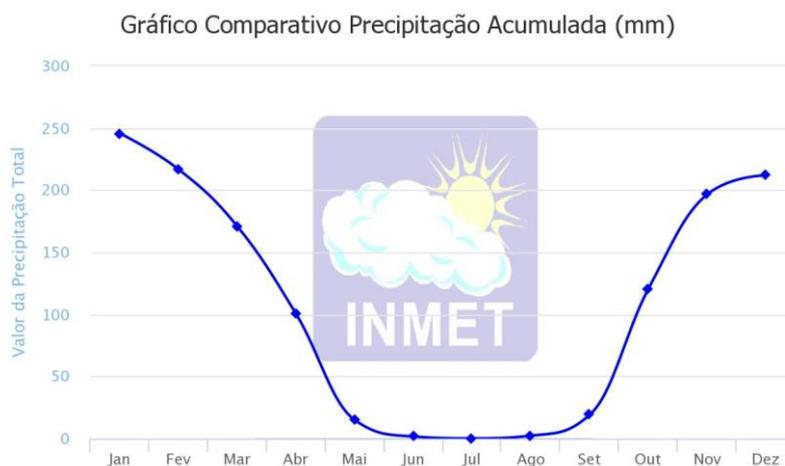


Figura 24 – Gráfico comparativo precipitação.

Fonte: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/graficosClimaticos>

- **Temperatura do ar**

A variação das temperaturas ao longo dos meses do ano, na cidade de Palmas, é pouco significativa, e a média anual é de 26,0°C. São extremamente raras as penetrações

de massas de ar frio, em virtude da continentalidade e das latitudes baixas. Ao longo do ano têm-se as médias mais baixas em janeiro e fevereiro, na estação chuvosa, e as mais elevadas em setembro, já no final do período seco. Logo, o elemento temperatura se apresenta tanto espacial quanto temporalmente (GUARDA, 2006).



Figura 25 – Gráfico comparativo temperatura.

Fonte: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/graficosClimaticos>

- **Umidade relativa do ar**

A variação do elemento umidade apresenta uma correlação marcante com os dados das precipitações, na cidade de Palmas. Observa-se a ocorrência de menores valores de umidade no inverno, coincidindo com o período em que as precipitações são menos frequentes (GUARDA, 2006).

- **Evaporação**

Consoante Guarda (2006), o elemento evaporação tem uma apresentação sazonal bem importante, caracterizado por um padrão inverso ao do elemento precipitação, sendo que em fevereiro têm-se os valores menores, enquanto que os maiores ocorrem de julho a setembro.



Figura 26 – Gráfico comparativo evaporação.

Fonte: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/graficosClimaticos>

- **Insolação**

O elemento insolação apresenta padrão temporal inverso ao do elemento precipitação, de modo que, nos meses em que as precipitações são menores, têm-se médias mensais de insolação maiores (GUARDA, 2006).



Figura 27 – Gráfico comparativo insolação.

Fonte: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/graficosClimaticos>

A cidade de Palmas (TO) tem a predominância de ventos vindos do Norte e Leste, porém isso não significa que a cidade possua uma única direção predominante do vento, este aspecto varia de acordo com a época do ano e o período do dia (SILVA; SOUZA, 2016).

Complementando o posicionamento anterior, os mesmos autores afirmam que os ventos oriundos do Leste são predominantes no meio do outono (maio e junho) e durante todo o inverno (julho, agosto e setembro). Durante o inverno (agosto e setembro), tem-se uma breve redução das calmarias e aumento da velocidade dos ventos. Nas demais estações, há muitas calmarias, os ventos são mais fracos e a direção é variável, com maior predominância ao Norte, conforme figura 28.

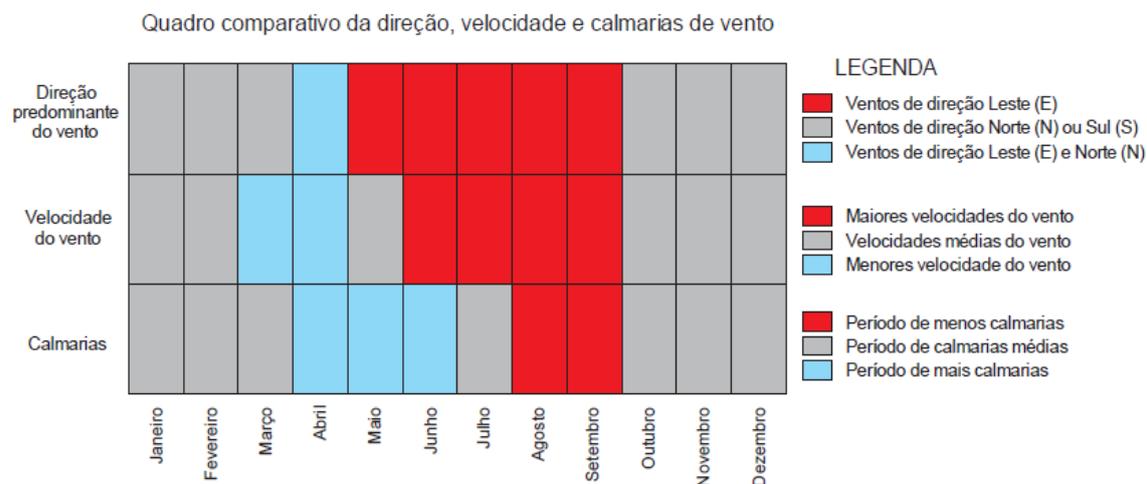


Figura 28 – Quadro comparativo da direção, velocidades médias do vento e calmarias por mês para a cidade de Palmas (TO), no período de 2005 a 2015.

Fonte: SILVA; SOUZA, 2016.

O aquecimento diferencial das superfícies ao longo das 24 horas e seus efeitos barométricos, faz com que o comportamento da ventilação durante os períodos do dia possua variação mais marcante entre o dia e a noite. No período noturno as calmarias são quase sete vezes maiores e há uma redução média de 56% nas velocidades dos ventos, em comparação ao período diurno. A direção do vento é predominantemente Leste no período diurno, e concorrem as direções Leste e Norte no período noturno (SILVA; SOUZA, 2016).

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 INCIDÊNCIA SOLAR E VENTILAÇÃO

O estudo solar foi realizado no *Software Revit*, ferramenta BIM, e dentre suas várias possibilidades, é possível fazer o estudo solar, inserindo a localização (coordenadas geográficas) da edificação. Na figura 29, nota-se que é possível escolher a localização, bem como o dia do ano e os horários que se deseja analisar a posição solar.

O estudo foi realizado nas quatro estações do ano (verão, inverno, outono e primavera), com o intuito de demonstrar o comportamento do sol durante o período de 1 ano. Em resumo, percebe-se que a inclinação do sol incide diretamente sobre as fachadas Norte e Oeste do Prédio Buriti, no período da tarde, (período de expediente do prédio), por conseguinte o período mais quente do dia. Ver apêndice C.

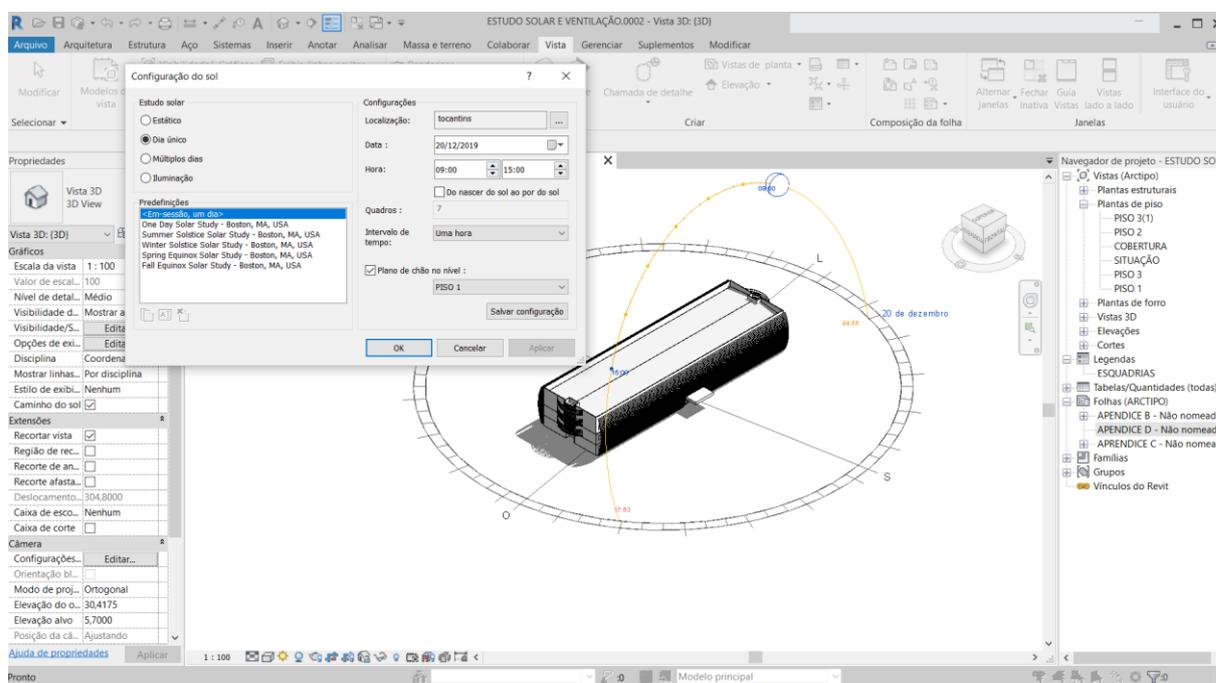


Figura 29 – Estudo Solar Revit.

Fonte: Autora, 2019.

4.2 ANÁLISE DO DESEMPENHO TÉRMICO PELO PROCEDIMENTO SIMPLIFICADO

A avaliação desse procedimento foi realizada considerando a zona bioclimática em que a edificação está inserida (zona 7). Através desse método foi possível fazer a verificação do atendimento a NBR 15575-4 (ABNT, 2013) que trata dos critérios e requisitos exigidos para o sistema de vedação vertical interna e externa (SVVIE) e da NBR 15575-5 (ABNT, 2013), que trata dos critérios e requisitos exigidos para os

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

Toda a metodologia de cálculo dos critérios de desempenho térmico para os sistemas de vedações verticais externas e os de cobertura tem como referência a ABNT NBR 15220 (ABNT, 2005) – Desempenho térmico das edificações.

4.2.1 Transmitância térmica

A NBR 15575 (ABNT, 2013) recomenda que o cálculo de transmitância térmica (U) de paredes externas seja feito de acordo com a NBR 15220-2 (ABNT, 2005). A transmitância térmica é calculada em função de parâmetros que consideram as dimensões dos blocos de vedação, assim como a espessura das camadas e condutividade térmica das camadas.

As características das paredes externas da edificação são apresentadas a seguir:

- Parede de blocos cerâmicos de 8 furos (tijolo);
- Dimensões do bloco cerâmico: 9,0 x 19,0 x 29,0 cm;
- Espessura da argamassa de assentamento: 1,5 cm;
- Espessura da argamassa de emboço interna e externa: 2,5 cm
- Espessura total da parede: 14,0 cm;

A vedação vertical externa analisada é composta por uma camada externa de emboço em argamassa, bloco cerâmico e uma camada interna de emboço em argamassa.

A resistência térmica do tijolo foi calculada isoladamente e, em seguida, foi calculado a resistência térmica da parede.

➤ Resistência térmica do tijolo (R_{tijolo}):

Seção 1 (tijolo):

$$A_1 = 0,015 \times 0,29 = 0,00435 \text{ m}^2$$

$$R_1 = \frac{e_{\text{cerâmica}}}{\gamma_{\text{cerâmica}}} = \frac{0,09}{0,90} = 0,10 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)}/W$$

Seção 2 (tijolo + câmara de ar + tijolo + câmara de ar + tijolo):

$$A_2 = 0,03 \times 0,29 = 0,0087 \text{ m}^2$$

$$R_2 = \frac{e_{\text{cerâmica}}}{\gamma_{\text{cerâmica}}} + R_{\text{ar}} + \frac{e_{\text{cerâmica}}}{\gamma_{\text{cerâmica}}} + R_{\text{ar}} + \frac{e_{\text{cerâmica}}}{\gamma_{\text{cerâmica}}}$$

$$R_2 = \frac{0,01}{0,90} + 0,16 + \frac{0,01}{0,90} + 0,16 + \frac{0,01}{0,90} = 0,3533 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)}/W$$

Então:

$$R_{\text{tijolo}} = \frac{5 \times A_1 + 4 \times A_2}{\frac{5 \times A_1}{R_1} + \frac{4 \times A_2}{R_2}} = 0,17896 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}$$

➤ Resistência térmica da parede (R_t):

Seção A (emboço + argamassa + emboço):

$$A_a = 0,015 \times 0,29 + 0,015 \times 0,205 = 0,007425 \text{ m}^2$$

$$R_a = \frac{e_{\text{emboço}}}{\gamma_{\text{emboço}}} + \frac{e_{\text{argamassa}}}{\gamma_{\text{argamassa}}} + \frac{e_{\text{emboço}}}{\gamma_{\text{emboço}}}$$

$$R_a = \frac{0,025}{1,15} + \frac{0,09}{1,15} + \frac{0,025}{1,15} = 0,1217 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}$$

Seção B (emboço + tijolo + emboço):

$$A_b = 0,19 \times 0,29 = 0,0551 \text{ m}^2$$

$$R_b = \frac{e_{\text{emboço}}}{\gamma_{\text{emboço}}} + R_{\text{tijolo}} + \frac{e_{\text{emboço}}}{\gamma_{\text{emboço}}}$$

$$R_b = \frac{0,025}{1,15} + 0,17896 + \frac{0,025}{1,15} = 0,2224 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}$$

Portanto:

$$R_t = \frac{\frac{A_a + A_b}{\frac{A_a}{R_a} + \frac{A_b}{R_b}}}{\frac{A_a}{R_a} + \frac{A_b}{R_b}} = \frac{0,007425 + 0,0551}{\frac{0,007425}{0,1217} + \frac{0,0551}{0,2224}} = 0,20254 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}$$

A resistência térmica total (R_T) é então calculada pela seguinte fórmula:

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

Os valores de R_{Si} (resistência superficial interna) e R_{Se} (resistência superficial externa) são obtidos da NBR 15220-2 (ABNT, 2005).

Assim, temos:

$$R_T = 0,13 + 0,20254 + 0,04 = 0,3725 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}$$

Finalmente é possível calcular a transmitância térmica (U):

$$U = \frac{1}{R_T}$$

$$U = \frac{1}{0,3725} = 2,68 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

A absorvância térmica (α^o) depende da cor utilizada na face externa da vedação. Para o edifício estudado, a fachada é pintada com uma cor clara. De acordo com a NBR 15575-1, o valor a ser considerado para absorvância de cores claras é de 0,30.

Considerando a zona bioclimática no qual o prédio se encontra (zona 7), para os valores de absorvância (α^a) menores que 0,6, a vedação deve apresentar transmitância térmica ($U \leq 3,7 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$), de acordo com a tabela 6. Portanto, as vedações em alvenaria encontram-se conforme a NBR 15575 (ABNT,2013), em virtude que apresenta transmitância térmica igual a $2,68 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$.

Tabela 6 – Transmitância térmica de paredes externas.

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

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

Foi analisado também as propriedades térmicas do vidro, uma vez que na fachada norte e sul possui uma parte em pele de vidro laminado de 8mm incolor com a transmitância térmica de $5,7 \text{ W}/\text{m}^2.\text{K}$ (RAC, 2013), não atendendo ao desempenho térmico segundo a NBR 15575 (ABNT, 2013), visto que apresenta transmitância térmica $> 3,7 \text{ W}/\text{m}^2.\text{K}$.

4.2.2 Capacidade térmica

Como pode-se observar na tabela 7 o valor mínimo exigidos para capacidade térmica de vedações para a zona bioclimática 7 é de $130 \text{ kJ}/\text{m}^2.\text{K}$.

Tabela 7 – Capacidade térmica de paredes externas.

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

Fonte: NBR 15.575-4 (ABNT, 2013)

O cálculo de capacidade térmica é realizado conforme a equação abaixo:

$$C_{Ta} = e_i * c_i * \rho_i$$

Onde:

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

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

ρ = densidade do elemento [kg/m³];

Através do banco de dados do Projeteer (2019), as vedações verticais externas em alvenaria possuem capacidade térmica de 151 kJ/m².K, estando de acordo com a NBR 15575 (ABNT, 2013), visto que está acima da capacidade térmica indicada pela norma, conforme tabela 7.

No caso da capacidade térmica da vedação vertical externa da fachada com pele de vidro, foi realizado o cálculo com os dados de Lamberts, Dutra e Pereira (2013), conforme tabela 8.

Tabela 8 – Propriedades térmicas de materiais de uso recorrente no Brasil.

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

Fonte: Lamberts, Dutra e Pereira (2013).

Considerando a chapa de vidro, temos:

$$C_{Ta} = 0,008 * 0,84 * 2700 = 18,144 \text{ kJ/m}^2.\text{K}$$

Com isso, pode-se notar que a vedação vertical externa em vidro não atende ao desempenho térmico segundo a NBR 15575 (ABNT, 2013), uma vez que apresenta capacidade térmica igual a 18,144 kJ/m².K, muito inferior ao 130 kJ/m².K estabelecidos pela norma.

4.2.3 Aberturas para ventilação

Para o requisito de ventilação de ambientes de longa permanência foram analisados os ambientes estudados na orientação norte, sul, leste e oeste. O cálculo foi feito somente para o 1º piso, visto que todas as fachadas são iguais.

Ambiente orientado a norte:

$$A_A = (3,87 \times 1,68) = 6,50 \text{ m}^2$$

$$A_P = 28,24 \text{ m}^2$$

$$A = 100 \times (6,50 \div 28,24) = 23,02 \%$$

Ambiente orientado a sul:

$$A_A = (3,10 \times 1,68) = 5,21 \text{ m}^2$$

$$A_P = 26,81 \text{ m}^2$$

$$A = 100 \times (5,21 \div 26,81) = 19,43 \%$$

Ambiente orientado a leste:

$$A_A = (9,20 \times 1,68) = 15,46 \text{ m}^2$$

$$A_P = 53,42 \text{ m}^2$$

$$A = 100 \times (15,46 \div 53,42) = 28,93 \%$$

Ambiente orientado a oeste:

$$A_A = (4,09 \times 1,68) = 6,87 \text{ m}^2$$

$$A_P = 26,62 \text{ m}^2$$

$$A = 100 \times (6,87 \div 26,62) = 25,81 \%$$

Onde: A_P é a área de piso do ambiente;

A_A é a área efetiva de abertura de ventilação do ambiente.

A é a área de ventilação.

Como pode ser observado na tabela 9, a NBR 15575 (ABNT, 2013) exige que edificações localizadas na zona bioclimática 7 tenham aberturas de ventilação $\geq 7\%$.

Tabela 9 – Área mínima de ventilação em domínio 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	$A \geq 12\%$ da área de piso REGIÃO NORTE DO BRASIL $A \geq 8\%$ da área de piso REGIÃO NORDESTE E SUDESTE DO BRASIL

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

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

Com isso, pode-se afirmar que esses ambientes estão de acordo com a NBR 15575 (ABNT, 2013) no que diz respeito às aberturas de ventilação.

4.2.4 Isolamento térmico da cobertura

A norma 15220-3 traz uma tabela (tabela 10) onde constam resultados de Transmitância Térmica, Capacidade Térmica e Atraso Térmico para diferentes tipos de coberturas, a fim de parametrizar e facilitar a avaliação de desempenho.

Tabela 10 – Transmitância térmica, atraso térmico e fator solar admissíveis para cada tipo de vedação externa.

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

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

Fonte: NBR 15220-3 (ABNT, 2005).

Através do banco de dados do Projeteer (2019), obteve-se para a cobertura empregada no prédio uma transmitância térmica de 1,26 W/m².K, atraso térmico de 5,8h e fator solar de 2,4%.

As recomendações para zona bioclimática 7 no caso da cobertura, é recomendado que utilize para essa zona cobertura pesada. Com isso, pode-se verificar que a transmitância térmica e fator solar estão de acordo com a NBR 15220-3 (ABNT, 2005), entretanto o atraso térmico não está de acordo, visto que apresenta valor inferior a 6,5h, que é o recomendado por norma.

4.3 ANÁLISE DO DESEMPENHO TÉRMICO PELAS MEDIÇÕES NO LOCAL

Entre os dias 20, 21 e 22 de março, foram coletados dados pertinentes a temperatura do ar, temperatura de superfície (parede) e umidade relativa do ar no Prédio Buriti, nos ambientes especificados nos Apêndices A e B. Para uma melhor avaliação do desempenho térmico nesses ambientes, foram avaliados os gráficos abaixo.

- **Temperaturas máximas e mínimas do ambiente externo e ambiente interno (1º e 3º piso):**

De acordo com os dados do gráfico 1, a máxima temperatura interna registrada no ambiente orientado a norte durante os três dias de medição ocorreu no dia 22 de março no 1º piso, às 10h da manhã, com 29,9°C. A temperatura externa à sombra atingiu o máximo no terceiro dia de medição, às 12h, com 31,6°C. Dentre os ambientes internos, a mínima registrada também foi no 1º piso, no dia 21 de março, às 8h, com 24,9°C. A mínima externa foi no dia 20 de março, às 12h com 25,2°C.

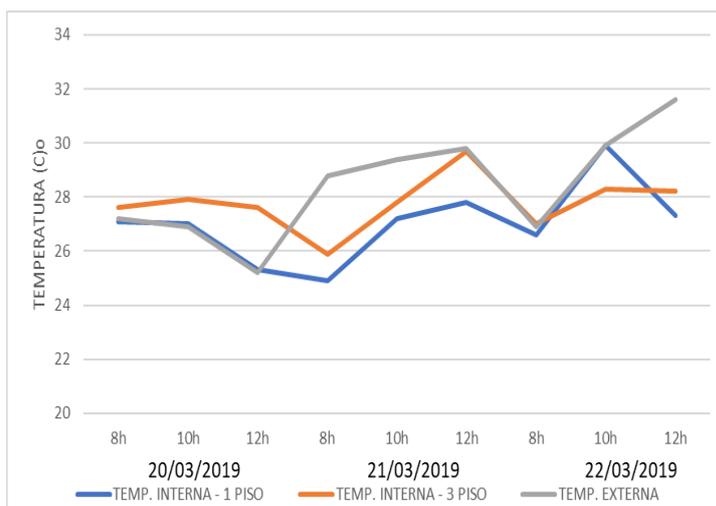


Gráfico 1 – Gráfico das temperaturas internas e externas durante os três dias de medição na orientação norte.
Fonte: Autora, 2019.

Averiguando o ambiente orientado a sul, conforme os dados do gráfico 2, a máxima temperatura interna registrada durante os três dias de medição ocorreu no dia 22 de março no 1º piso, às 10h da manhã, com 29,2°C. A temperatura externa à sombra atingiu o máximo no terceiro dia de medição, às 12h, com 32,1°C. Dentre os ambientes internos, a mínima registrada também foi no 1º piso, no dia 21 de março, às 10h com 24,7°C. A mínima externa foi no dia 20 de março, às 12h com 24,4°C.

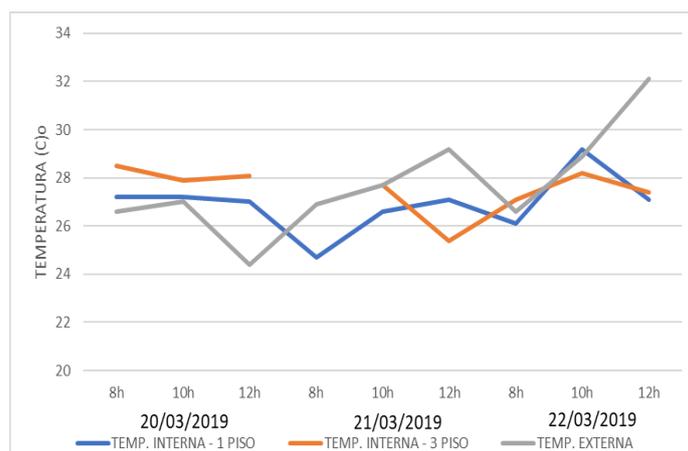


Gráfico 2 – Gráfico das temperaturas internas e externas durante os três dias de medição na orientação sul.
Fonte: Autora, 2019.

No terceiro piso, no período das 8h, não foram coletados os dados nas orientações sul e leste, devido as salas não estarem abertas para coleta das informações nesse horário.

Analisando o ambiente orientado a leste, conforme os dados do gráfico 3, a máxima temperatura interna registrada durante os três dias de medição ocorreu no dia 22 de março no 1º piso, às 10h, com 28,7°C. A temperatura externa à sombra atingiu o máximo no terceiro dia de medição, às 12h, com 30,7°C. Dentre os ambientes internos, a mínima registrada também foi no 1º piso, no dia 21 de março, às 8h com 24,7°C. A mínima externa foi no dia 20 de março, às 12 h com 25,3°C.

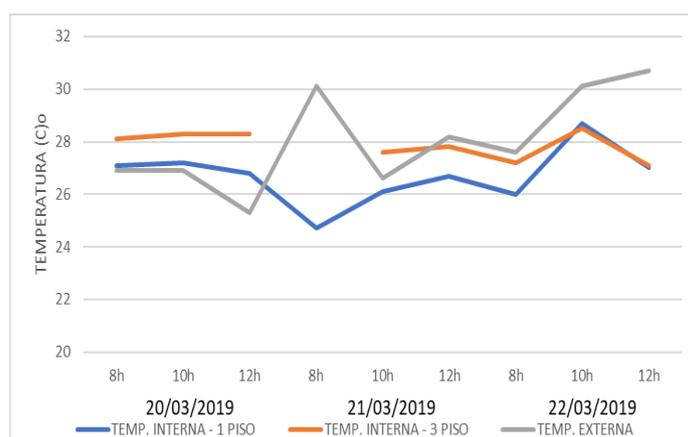


Gráfico 3 – Gráfico das temperaturas internas e externas durante os três dias de medição na orientação leste.

Fonte: Autora, 2019.

Verificando o ambiente orientado a oeste, conforme os dados do gráfico 4, a máxima temperatura interna registrada durante os três dias de medição ocorreu no dia 22 de março no 1º piso, às 10h da manhã, com 29,2°C. A temperatura externa à sombra

atingiu o máximo no segundo dia de medição, às 12h, com 31,0°C. Dentre os ambientes internos, a mínima registrada também foi no 1º piso, no dia 21 de março, às 8h com 24,8°C. A mínima externa foi no dia 20 de março, que se manteve constante das 8h às 10h, com 26,7°C.

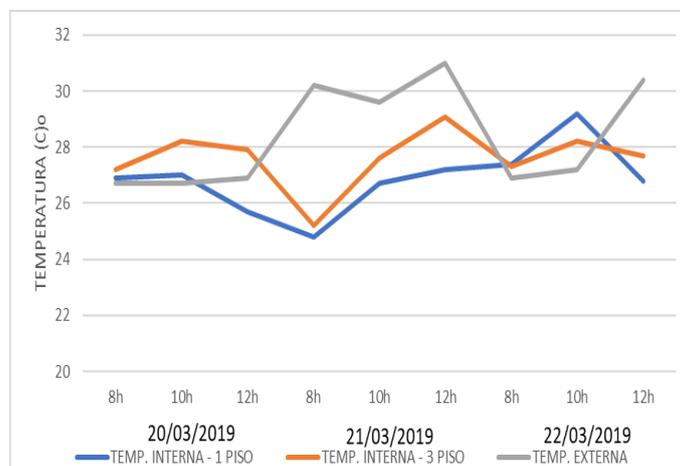


Gráfico 4 – Gráfico das temperaturas internas e externas durante os três dias de medição na orientação oeste.

Fonte: Autora, 2019.

Sabendo da influência da umidade relativa do ar na temperatura, buscou-se analisar a relação entre a umidade com os dados de temperatura, conforme gráficos 5, 6, 7 e 8.

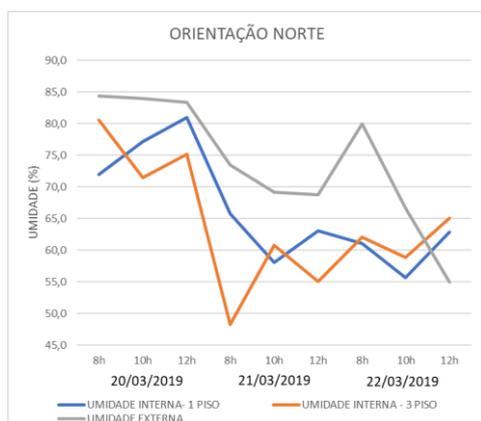


Gráfico 5 – Umidade relativa do ar interna e externa durante os três dias de medição na orientação norte.

Fonte: Autora, 2019.

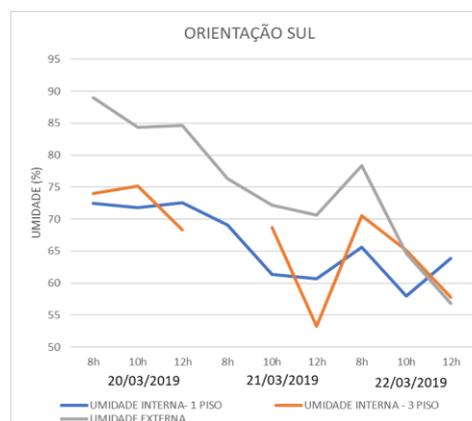


Gráfico 6 – Umidade relativa do ar interna e externa durante os três dias de medição na orientação sul.

Fonte: Autora, 2019.

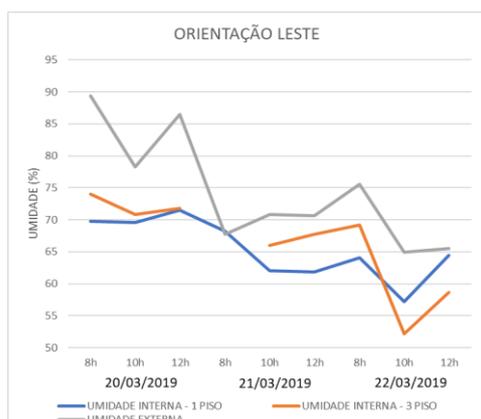


Gráfico 7 – Umidade relativa do ar interna e externa durante os três dias de medição na orientação leste.
Fonte: Autora, 2019.

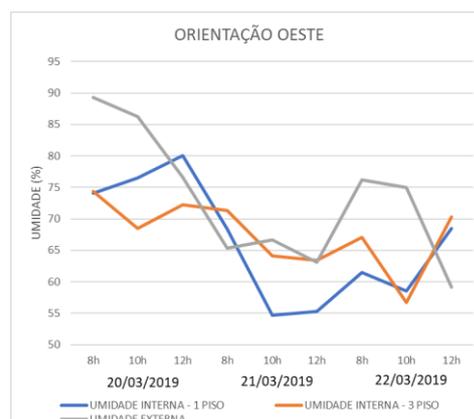


Gráfico 8 – Umidade relativa do ar interna e externa durante os três dias de medição na orientação oeste.
Fonte: Autora, 2019.

No primeiro dia de medição, dia 20 de março, houve precipitação e conseqüentemente uma queda de temperatura, principalmente no ambiente externo, conforme gráfico 9, comprovando a influência que os fenômenos hidrológicos de precipitação têm sobre o comportamento térmico.

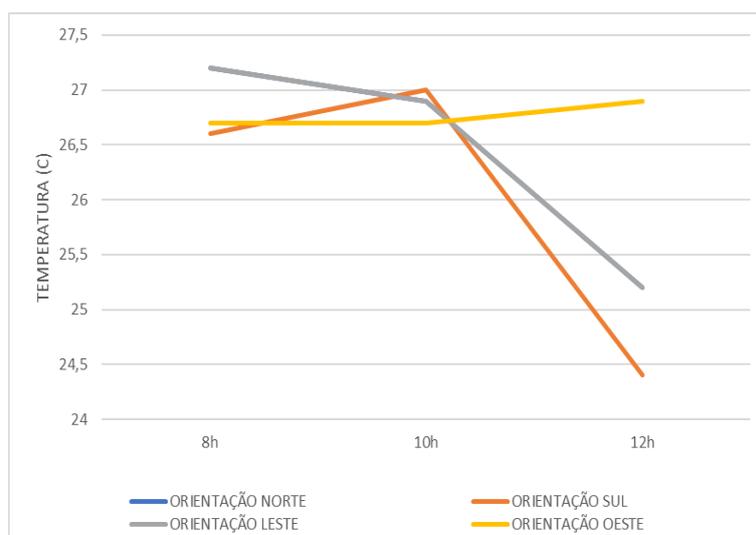


Gráfico 9 – Temperaturas externas do dia 20 de março (com precipitação).
Fonte: Autora, 2019.

Apesar das temperaturas internas máximas terem sido no 1º piso, notou-se que no geral as temperaturas do terceiro são mais elevadas do que as temperaturas no primeiro, por estarem mais expostas ao sol e sem proteção de nenhuma massa vegetal.

Contudo, para resultado de avaliação e classificação de desempenho, em concordância com a norma, são avaliados somente os valores do último dia, verificado nos gráficos 10, 11, 12 e 13.

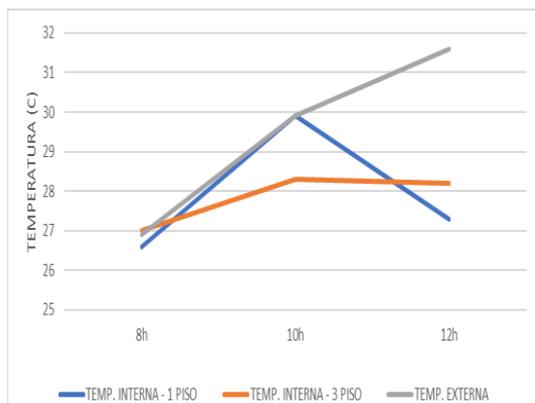


Gráfico 10 – Temperaturas internas e externa no terceiro dia de medição (20/03/2019), orientação norte.

Fonte: Autora, 2019.

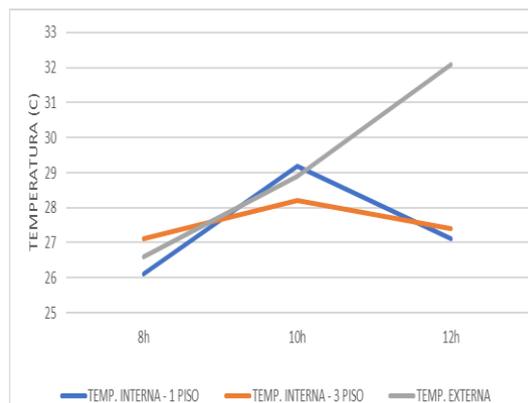


Gráfico 11 – Temperaturas internas e externa no terceiro dia de medição (20/03/2019), orientação sul.

Fonte: Autora, 2019.

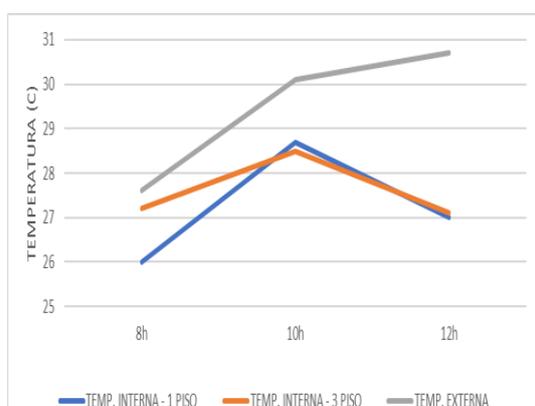


Gráfico 12 – Temperaturas internas e externa no terceiro dia de medição (20/03/2019), orientação leste.

Fonte: Autora, 2019.

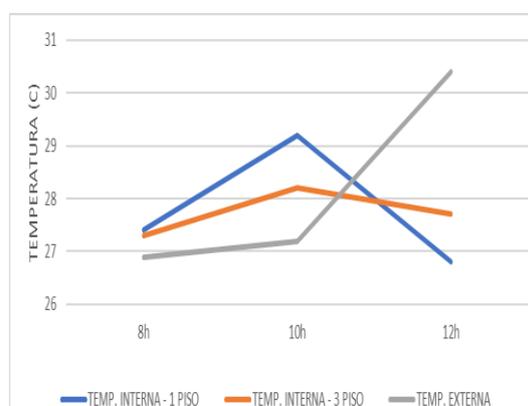


Gráfico 13 – Temperaturas internas e externa no terceiro dia de medição (20/03/2019), orientação oeste.

Fonte: Autora, 2019.

No ambiente orientado a norte, no último dia de medição, a máxima temperatura registrada no exterior do edifício foi às 12h com 31,6°C, assim como a mínima, com 26,9°C às 8h. No ambiente orientado a sul, a máxima temperatura no exterior do edifício foi às 12h com 32,1°C, assim como a mínima, com 26,6°C às 8h. Já no ambiente orientado a leste, a máxima temperatura registrada no exterior do edifício também foi às 12h com 30,7°C, assim como a mínima, com 27,6°C às 8h. No ambiente orientado a oeste, a máxima temperatura no exterior foi às 12h com 30,4°C, assim como a mínima, com 26,9°C às 8h.

As temperaturas máximas registradas nos ambientes internos foram: 29,9°C às 10h, no primeiro piso no ambiente orientado a norte; 29,2°C às 10h, no primeiro piso no ambiente orientado a sul; 28,7°C às 10h, no primeiro piso no ambiente orientado a leste e 29,2°C às 10h, no primeiro piso no ambiente orientado a oeste. As mínimas temperaturas internas registradas foram: 26,6°C às 8h, no primeiro piso na orientação

norte; 26,1°C às 8h, no primeiro piso no ambiente orientado a sul; 26,0°C às 8h, no primeiro piso no ambiente orientado a leste e 26,8°C às 12h, no primeiro piso no ambiente orientado a oeste.

A classificação dos níveis de desempenho segundo a norma NBR 15575 (ABNT, 2013) é feita de acordo com a adequação do projeto aos critérios estabelecidos pela norma, em três categorias: nível M (mínimo), I (intermediário) ou S (superior). O requisito mínimo (M) é definido como a temperatura interna máxima seja menor ou igual à temperatura externa máxima. O requisito intermediário (I), como a temperatura interna máxima deve ser 2°C menor que a temperatura externa máxima e como requisito superior (S), a temperatura interna máxima deve ser 4°C menor que a temperatura externa máxima.

A tabela 12, abaixo, demonstra atendimento do prédio estudado as exigências da NBR 15575 (ABNT, 2013) pela medição *in loco*.

Tabela 11 – Atendimento à NBR 15575 (ABNT, 2013) pela medição *in loco*, no terceiro dia de medição.

Período avaliado	Orientação solar	Condições verificadas		Amplitude (°C)	Resultado
		Ti,máx (°C)	Te,máx (°C)		
22/mar	NORTE	29,9	31,6	1,7	Atende, requisito mínimo (M)
22/mar	SUL	29,2	32,1	2,9	Atende, requisito intermediário (I)
22/mar	LESTE	28,7	30,7	2,0	Atende, requisito intermediário (I)
22/mar	OESTE	29,2	30,4	1,2	Atende, requisito mínimo (M)

Fonte: Autora, 2019.

Apesar da norma recomendar que sejam avaliados somente os valores do último dia, foi analisado também o primeiro dia de medição, conforme tabela 13, em virtude desse dia ter havido precipitação.

Tabela 12 – Atendimento à NBR 15575 (ABNT, 2013) pela medição *in loco*, no primeiro dia de medição.

Período avaliado	Orientação solar	Condições verificadas		Amplitude (°C)	Resultado
		Ti,máx (°C)	Te,máx (°C)		
20/mar	NORTE	27,1	27,2	0,1	Atende, requisito mínimo (M)
20/mar	SUL	27,2	27,0	0,2	Não atende
20/mar	LESTE	27,2	26,9	0,3	Não atende
20/mar	OESTE	27,0	26,9	0,1	Não atende

Fonte: Autora, 2019.

Através dessa tabela, pode-se verificar que apenas a orientação norte atende aos requisitos da NBR 15575 (ABNT, 2013), sendo ainda o requisito mínimo, enquanto as orientações sul, leste e oeste não atenderam.

Como comparativo entre os dois dias de medição (20 e 22 de março) é importante mencionar a diferença entre os resultados da temperatura registrada. Enquanto, que no dia 22 de março houve maior amplitude térmica, o dia 20 de março apresentou menores temperaturas e menores amplitudes térmicas. Essa diferença pode ser explicada pela variação da umidade relativa do ar, pois no primeiro dia de medição houve presença de chuva no período da coleta, enquanto no terceiro dia não.

- **Temperaturas radiante média (paredes):**

De acordo com os dados do gráfico 14, no 1º piso, a máxima temperatura da parede registrada na fachada norte durante os três dias de medição ocorreu no dia 22 de março, às 12h da manhã, com 27,2°C. A fachada sul atingiu o máximo de 27,0°C no terceiro dia de medição, às 12h. Na fachada leste, a máxima foi registrada com 29,6°C às 12h do dia 21 de março. Já na fachada oeste a máxima foi de 27,2°C às 12h no dia 22 de março. As figuras 30, 31, 32 e 33 mostram as máximas temperaturas registradas pela câmera térmica durante os três dias de coleta, no 1º piso.

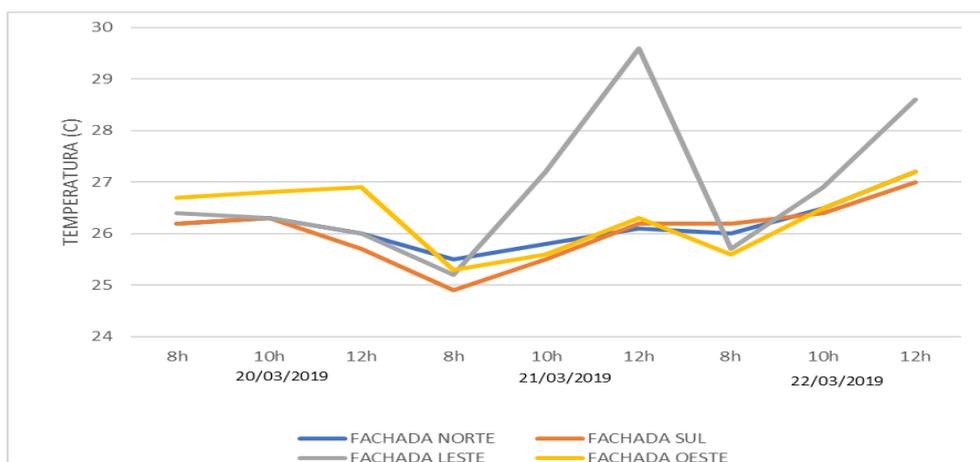
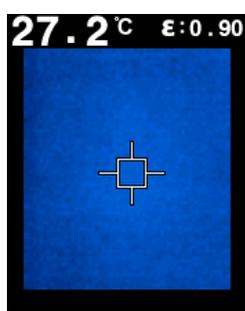
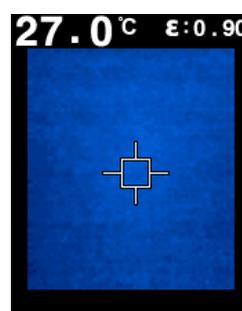
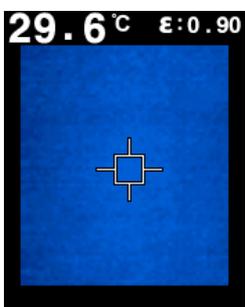
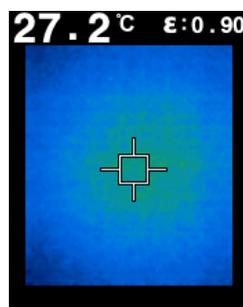


Gráfico 14 – Temperaturas das paredes no 1º piso.

Fonte: Autora, 2019.

Figura 30 – Máxima temperatura da parede na fachada norte, 1º piso.
Fonte: Autora, 2019.Figura 31 – Máxima temperatura da parede na fachada sul, 1º piso.
Fonte: Autora, 2019.Figura 32 – Máxima temperatura da parede na fachada leste, 1º piso.
Fonte: Autora, 2019.Figura 33 – Máxima temperatura da parede na fachada oeste, 1º piso.
Fonte: Autora, 2019.

Relacionando essas máximas temperaturas das paredes com as suas respectivas temperaturas internas têm – se no primeiro piso:

Tabela 13 – Quadro comparativo entre as temperaturas das paredes e temperaturas internas, 1º piso.

ORIENTAÇÃO SOLAR	TEMPERATURA MÁXIMA DA PAREDE (°C)	TEMPERATURA INTERNA (°C)	DIFERENÇA (°C)
NORTE	27,2	27,3	0,1
SUL	27,0	27,1	0,1
LESTE	29,6	27,0	2,6
OESTE	27,2	26,8	0,4

Fonte: Autora, 2019.

Com isso, pode-se perceber que a maior diferença entre a temperatura da parede e a temperatura interna ocorreu na fachada leste, pelo fato das medições terem ocorrido pela manhã, onde a fachada leste sofre maior incidência solar nesse período e por não possuir nenhuma proteção solar.

Em conformidade com os dados do gráfico 15, no 3º piso, a máxima temperatura da parede registrada na fachada norte durante os três dias de medição ocorreu no dia 20 de março, às 10h da manhã, com 28,1°C. A fachada sul atingiu o máximo de 28,1°C no segundo dia de medição, às 12h. Na fachada leste, a máxima foi registrada com 29,4°C às 10h do dia 20 de março. Já na fachada oeste a máxima foi registrada com 29,4°C às 10h do dia 20 de março. As figuras 34, 35, 36 e 37 mostram as máximas temperaturas registradas pela câmera térmica durante os três dias de coleta no 3º piso.

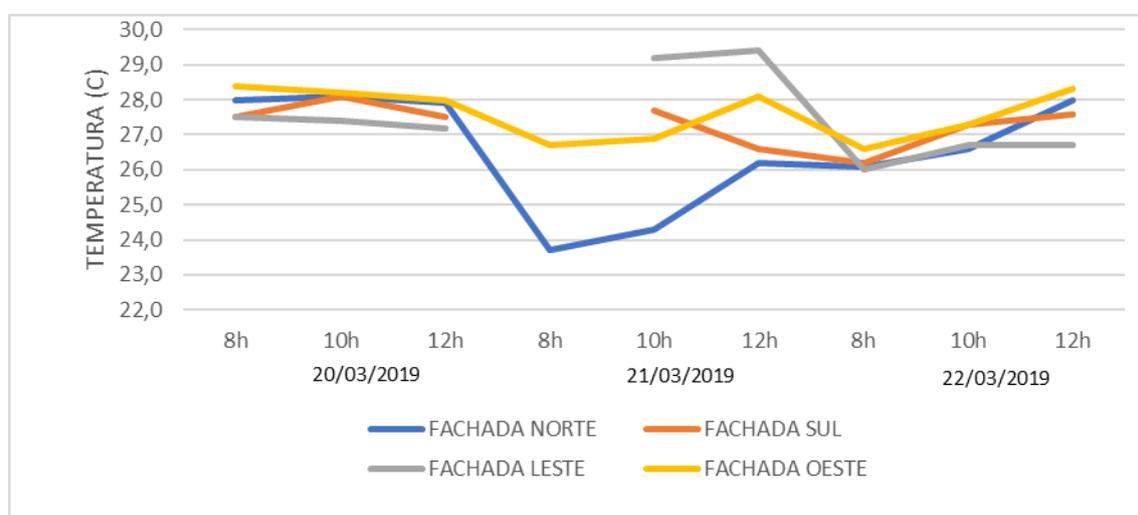


Gráfico 15 – Temperaturas das paredes no 3º piso.
Fonte: Autora, 2019.

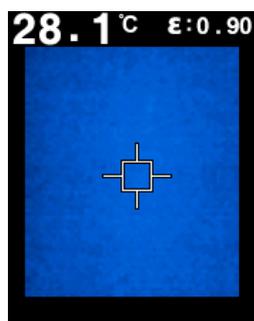


Figura 34 – Máxima temperatura da parede na fachada norte, 3º piso.
Fonte: Autora, 2019.

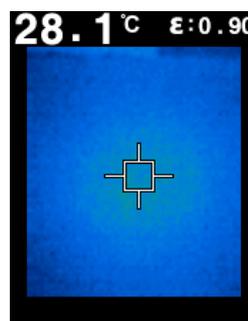


Figura 35 – Máxima temperatura da parede na fachada sul, 3º piso.
Fonte: Autora, 2019.

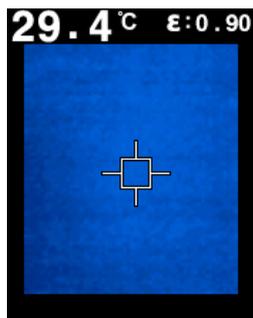


Figura 36 – Máxima temperatura da parede na fachada leste, 3º piso.
Fonte: Autora, 2019.

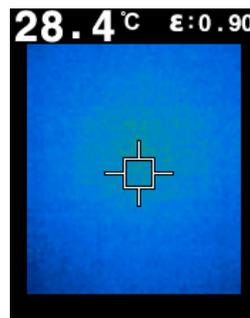


Figura 37 – Máxima temperatura da parede na fachada oeste, 3º piso.
Fonte: Autora, 2019.

Relacionando essas máximas temperaturas das paredes com as suas respectivas temperaturas internas têm – se no primeiro piso:

Tabela 14 – Quadro comparativo entre as temperaturas das paredes e temperaturas internas, 3º piso.

ORIENTAÇÃO SOLAR	TEMPERATURA MÁXIMA DA PAREDE (°C)	TEMPERATURA INTERNA (°C)	DIFERENÇA (°C)
NORTE	28,1	27,9	0,2
SUL	28,1	27,9	0,2
LESTE	29,4	27,8	1,6
OESTE	28,4	27,2	1,2

Fonte: Autora, 2019.

Dessa forma, nota-se que as maiores diferenças entre a temperatura da parede e a temperatura interna ocorreram nas fachadas leste e oeste, por sofrerem grande incidência solar e por não possuírem nenhuma proteção solar. Contrapondo as fachadas leste e oeste, as fachadas norte e sul obtiveram menor diferença de temperatura devido ao fato de que ambas são protegidas com brise, além da fachada sul nesse período do ano ser a fachada que menos possui incidência solar.

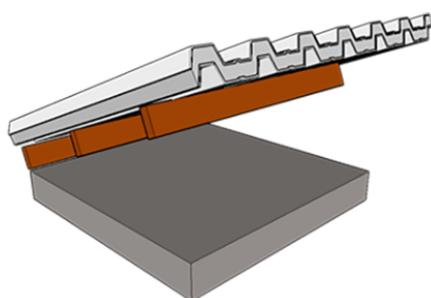
Comparando a fachada oeste no 1º piso com o 3º piso, o terceiro teve um comportamento bem diferente que no primeiro, uma vez que no primeiro piso seu entorno é composto por uma massa vegetal densa, com árvores de pequeno e médio porte, possibilitando um clima mais agradável, pois a vegetação contribui para reduzir a incidência solar através do sombreamento.

4.4 RECOMENDAÇÕES PARA A MELHORIA DO DESEMPENHO TÉRMICO DA EDIFICAÇÃO

Uma alternativa que melhoraria o conforto térmico do prédio em estudo seria a utilização de outro sistema de cobertura e outro tipo de vidro, com a transmitância térmica menor, uma vez que o valor da transmitância térmica demonstra a facilidade

com que o calor é transmitido através do sistema em questão, e quanto menor esse valor, menor é a facilidade com que o calor é transmitido.

Através da análise dos resultados pode verificar que no caso da cobertura empregada no edifício, apenas o requisito transmitância térmica e fator solar estão de acordo com a norma, o atraso térmico não está dentro dos padrões da norma. Segue na figura 38, três sugestões de coberturas que poderiam ser utilizadas de acordo com os requisitos estabelecidos pela norma NBR 15220-3 (ABNT, 2005).



Pisos e Coberturas

Laje maciça 10 cm | Câmara de ar (> 5.0 cm) | Telha metálica com poliestireno 4 cm

Resistência

1.47 m²K/W

Transmitância

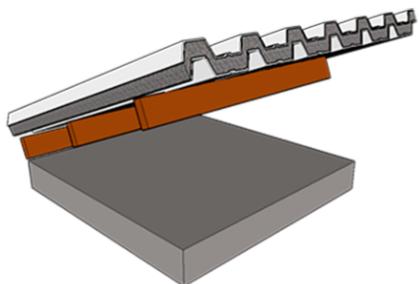
0.68 W/m².K

Atraso Térmico

11.2 h

Capacidade Térmica

229 kJ/m².K



Pisos e Coberturas

Laje maciça 10 cm | Câmara de ar (> 5.0 cm) | Telha metálica com poliuretano 4 cm

Resistência

1.82 m²K/W

Transmitância

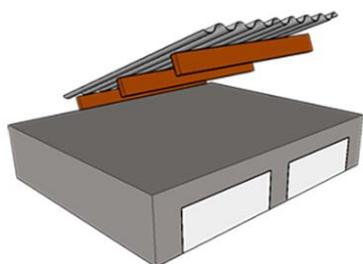
0.55 W/m².K

Atraso Térmico

12.6 h

Capacidade Térmica

230 kJ/m².K



Pisos e Coberturas

Laje nervurada com preenchimento Poliestireno expandido 22.5 | Câmara de ar (> 5,0 cm) | Telha de fibrocimento 0.8 cm

Resistência

0.99 m²K/W

Transmitância

1.01 W/m².K

Atraso Térmico

8.7 h

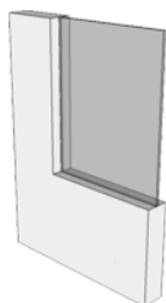
Capacidade Térmica

238 kJ/m².K

Figura 38 – Exemplos de coberturas.

Fonte: <http://projeteee.mma.gov.br/componentes-construtivos/>

O vidro foi outro elemento construtivo estudado no edifício, no entanto ele não passou em nenhum dos requisitos recomendados pela norma. Segue na figura 39, três possibilidades de vidros passíveis de serem utilizados de acordo com a norma.



Vidros

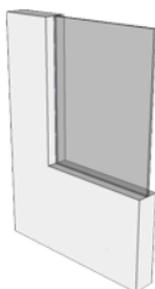
Vidro monolítico 6mm | CEBRACE COOL-LITE KNT 140

Transmitância
3.485 W/m².K

Fator Solar
0.34

Transmissão Luminosa
0.411

Reflexão Luminosa
0.212



Vidros

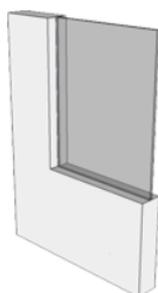
Vidro monolítico 6mm | CEBRACE COOL-LITE SKN 154

Transmitância
3.139 W/m².K

Fator Solar
0.29

Transmissão Luminosa
0.552

Reflexão Luminosa
0.155



Vidros

Vidro monolítico 6mm | CEBRACE COOL-LITE SKN 174

Transmitância
3.225 W/m².K

Fator Solar
0.430

Transmissão Luminosa
0.759

Reflexão Luminosa
0.063

Figura 39 – Exemplos de vidros.

Fonte: <http://projeteec.mma.gov.br/componentes-construtivos/>

Um elemento arquitetônico presente em muitas edificações que é importante ressaltar neste trabalho é o *brise-soleil*, visto que sua função principal é proteger a

fachada da incidência direta do sol. Por serem elementos vazados, ainda permitem a entrada de luz natural e ventilação. Assim, o brise é um excelente aliado para proporcionar conforto térmico às construções e economia no consumo de energia, melhorando assim a eficiência energética das edificações.

No entanto, nota-se que os brises do Prédio Buriti, necessitam de manutenção e em alguns locais faz-se necessário a troca dos brises. A figura 40 demonstra a atual condição dos brises no prédio Buriti.



Figura 40 – Brises.
Fonte: Autora, 2019.

As análises desse trabalho também apontaram que as temperaturas externas mais agradáveis se encontram onde há uma maior massa vegetal. Com isso, foi feita uma planta de vegetação existente e a ser implantada (figuras 41, 42 e 43), com o intuito de melhorar a temperatura externa do edifício.

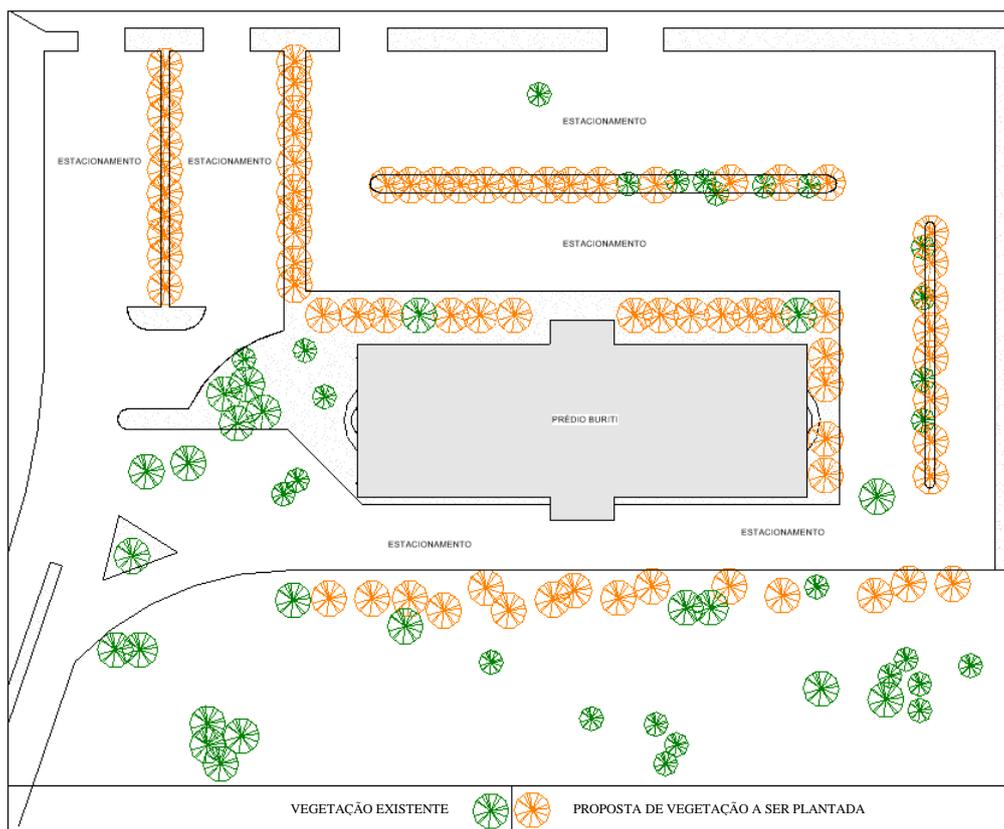


Figura 41 – Planta de vegetação existente e a ser implantada.
Fonte: Autora, 2019.



Figura 42 – Representação 3D: vegetação existente.
Fonte: Autora, 2019.

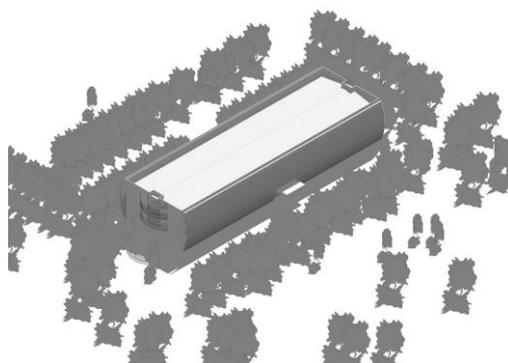


Figura 43 – Representação 3D: proposta de vegetação a ser implantada
Fonte: Autora, 2019.

Segundo o Plano de Arborização Urbana de Palmas (2016), no plantio de vegetação em praças públicas, deve-se priorizar o adensamento de vegetações, pois dessa forma a tendência é aumentar a capacidade de redução da temperatura no ar, e diminuir a radiação incidente, aumentando assim a sensação de conforto térmico até mesmo dentro da edificação, conforme se observa na figura 44.



Figura 44: Modelo de Plantio adensado da arborização em áreas verdes e praças.
Fonte: Plano de Arborização Urbana de Palmas – TO, 2016.

O Plano de arborização urbana de Palmas (2016) apresenta ainda as espécies indicadas para cada tipo de local na cidade, levando em consideração o tipo de uso desses locais, conforme é possível identificar no anexo A. As espécies indicadas, foram previamente estudadas, levando em consideração o clima e o solo da cidade de Palmas, de modo que possam sobreviver durante o longo período de estiagem. A figura 45 apresenta as alturas médias alcançadas para cada porte especificado no plano de arborização, sendo os portes médios e grandes os mais indicados para o plantio em praças e parques urbanos.

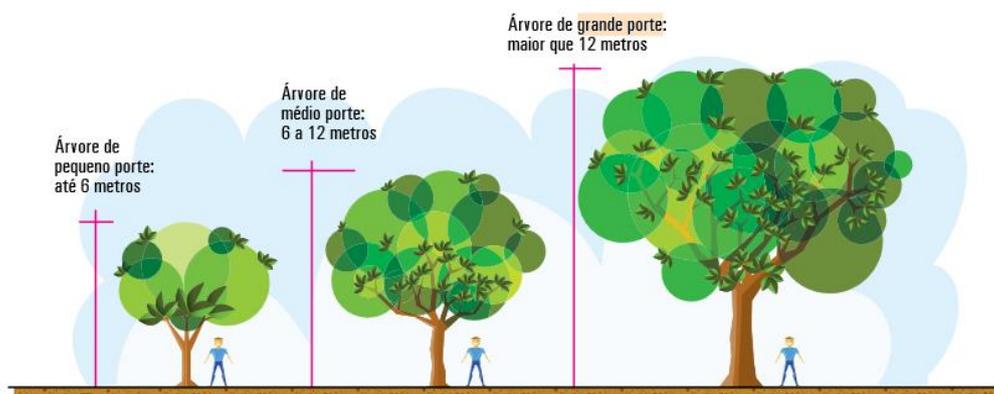


Figura 45: Classificação do porte das árvores
Fonte: Plano de Arborização Urbana de Palmas – TO, 2016.

Conforme indicações supracitadas nos parágrafos acima, recomenda-se que sejam aplicadas em um espaço mais curto de tempo, primeiramente a troca e manutenção dos brises. E a médio prazo, recomenda-se o plantio de forma adensada de algumas vegetações de médio e grande porte especificadas no plano de arborização, bem como a troca da cobertura e das superfícies envidraçadas.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS, LIMITAÇÕES DA PESQUISA E SUGESTÕES

Avaliações Pós-Ocupação têm sido desenvolvidas buscando investigar a qualidade do empreendimento que foi entregue aos usuários. Portanto, a aplicação dessa avaliação foi fundamental para o entendimento do comportamento térmico da edificação estudada, assim como, para a formulação de recomendações para a melhoria do desempenho térmico da edificação.

Considerando os dois procedimentos realizados: método simplificado e medição no local constatou-se atendimento parcialmente aos critérios estabelecidos de desempenho térmico pela NBR 15575 (ABNT, 2013) ao edifício investigado.

Através da análise pelo método simplificado percebeu-se que tanto o requisito de transmitância térmica, quanto de capacidade térmica, proposto pela NBR 15575 (ABNT, 2013) foram atendidos pela vedação vertical externa em alvenaria de blocos cerâmicos. Quanto a cobertura, somente a transmitância térmica e o fator solar foram atendidos, porém o atraso térmico ficou fora dos padrões exigidos. E por último, as superfícies envidraçadas não atenderam a nenhum dos requisitos.

Na análise da medição no local foi identificada uma lacuna no que diz respeito aos critérios e à aplicação da NBR 15575 (ABNT, 2013), visto que a norma utiliza uma única variável, a temperatura do ar, e ao longo das medições dessa pesquisa, percebeu-se que a umidade relativa do ar está diretamente relacionada com os dados de temperatura, ou seja, eles estão intimamente ligados. Porém a norma não considera a influência de componentes climáticos como a precipitação, que possuiu influência significativa nessa pesquisa.

Dentre as limitações encontradas nessa pesquisa, vale salientar o fato de que não foi possível fazer a coleta de dados no período da tarde, devido ao horário de expediente do edifício funcionar de 13h às 19h, onde o sistema de refrigeração mecânica (ar condicionado) encontra-se ligado. Essa circunstância, impossibilitou amostras e avaliações mais precisas, uma vez que o intuito desta pesquisa é compreender o comportamento térmico da edificação ao longo do dia em temperatura ambiente.

Outro ponto observado na investigação, foi de que os dados de medição somente do último dia são limitados para uma investigação ampla do comportamento da edificação. E por último, mesmo a norma solicitando a avaliação somente do período de

verão, percebeu-se a necessidade de investigar a edificação no período de inverno, visto que se tem nessa estação as maiores temperaturas na capital.

Desse modo, sugere-se a realização de pesquisas que considerem um maior número de dias de análise, além de registro de dados matutinos, diurnos e noturnos. Outra sugestão seria também a investigação da edificação no período de inverno, visto que nele tem-se altas temperaturas. Seria interessante analisar também, registros de temperatura e umidade em ambiente não climatizado, além da análise comportamental e de sensação térmica do usuário.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220**: Desempenho térmico de edificações. Rio de Janeiro, 2005.

_____**NBR 15220**: desempenho térmico de edificações - Parte 3: Zoneamento bioclimático Brasileiro e estratégias de condicionamento térmico passivo para habitações de interesse social. Rio de Janeiro, 2005c.

_____**NBR 15575**: edificações habitacionais de até cinco pavimentos – Desempenho. Rio de Janeiro, 2013.

ABRANTES, A. F. **Atualidades em ergonomia – logística, movimentação de materiais, engenharia industrial, escritório**. São Paulo: IMAM, 2004.

ARANTES, B. **Conforto térmico em habitações de interesse social – um estudo de caso**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Estadual Paulista. Bauru, 2013.

BERALDO, J. C. **Eficiência energética em edifício**: avaliação de uma proposta de regulamento de desempenho térmico para a arquitetura do estado de São Paulo. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

BORGES, C. A. M. **O Conceito de desempenho de Edificações e a sua importância para o setor da construção civil no Brasil**, Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

BORMIO, M. F. **Avaliação pós-ocupação ambiental de escolas da cidade de Bauru (SP) e Lençóis Paulista (SP)**: um estudo ergonômico visto pela metodologia EWA. Dissertação (Mestrado em Design) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Bauru, 2007.

CERQUEIRA, E. A. **Análise da Intervenção Ambiental de Baixo Custo em Escola da rede Pública de feira de Santana**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

CORBELLA, O.; YANNAS, S. **Em Busca de Uma Arquitetura Sustentável Para os Trópicos**. Rio de Janeiro: Revan, 2003.

FREITAS, A. O.; TAVARES, S. G; SANTOS, R. S.; OLIVEIRA, M. C.A. Estudos bioclimáticos e tecnologias para elaboração de projeto arquitetônico em Palmas (TO). In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 13., 2010, Canela. **Anais...** Canela: ANTAC, 2010.

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. **Manual do conforto térmico**. 5ª Edição – São Paulo: Studio Nobel, 2001.

GONÇALVES, H.; PANÃO, M. O.; CAMELO, S. M. L.; RAMALHO, A.; GRAÇA, J. M.; AGUIAR, R. **Ambiente construído, clima urbano, utilização racional de energia nos edifícios da cidade de Lisboa**. Lisboa, INETI, 2004.

GRZYBOWSKY, G. T. **Conforto térmico nas escolas públicas em Cuiabá – MT: estudo de caso**. Dissertação (Mestrado em Física e Meio Ambiente) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2004.

GUARDA, S. D. M. **Expansão urbana do entorno do lago do município de Palmas (1990, 1993, 1999, 2002, 2005): acompanhamento por dados de sensoriamento remoto**. 2006. Dissertação (Mestrado em Ciências do Ambiente) - Universidade Federal do Tocantins, Palmas, 2006.

LAMBERTS, R. – **Desempenho Térmico da edificação** - Apostila da disciplina ECV – labeec.ufsc.br, 2016, Acesso em: 18 ago. 2018.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. **Eficiência energética na arquitetura**. 3ª Edição – São Paulo: ProLivros, 2013.

LEMBI, G. C. S.; VALQUES, I. B. **Avaliação pós-ocupação das bibliotecas da universidade paranaense UNIPAR em Umuarama-PR**, 2005. Revista online de Ciências Humanas da UNIPAR. Acesso em: 17 ago. 2018.

MASCARELLO, V. L. **Princípios bioclimáticos e princípios de arquitetura moderna – evidências no edifício hospitalar**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2005.

MASCARÓ, J.; MASCARÓ, L. **Vegetação Urbana**. Porto Alegre: Finep, 2002.

MEDEIROS, D.; NOME, C.; ELALI, G. Construindo no clima quente e seco do Brasil: conforto térmico e eficiência energética para a zona bioclimática 7. In: Seminário Internacional NUTAU, 9., 2012, São Paulo. **Anais...** São Paulo: NUTAU/USP, 2012. p. 1-15.

MORAES, O. **Avaliação do desempenho térmico de uma residência na região central de Campinas**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Campinas, SP, 1999. Disponível em: <<http://www.repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/258054>>. Acesso em: 25 ago. 2018.

OLIVEIRA, T. A.; RIBAS, O. T. **Sistemas de controle das condições ambientais de conforto**. Ministério da Saúde. Brasília, 1995.

ORNSTEIN, S.; BRUNA, G.; ROMERO, M. **Ambiente Construído & Comportamento: A Avaliação Pós-Ocupação e a Qualidade Ambiental**. São Paulo: Studio Nobel, FAU-USP, FUPAM, 1995.

ORNSTEIN, S.; ROMERO, M. (colaborador). **Avaliação Pós-Ocupação (APO) do Ambiente Construído**. São Paulo: Studio Nobel: Editora da Universidade de São Paulo, 1992.

PLANO DE ARBORIZAÇÃO URBANA DE PALMAS. 2016. Disponível em: <<https://www.passeidireto.com/arquivo/20690143/plano-de-arborizacao-urbana-de-palmas-versao-digital>>. Acesso em: 25 março 2019.

RAC – Requisitos de Avaliação de Conformidade do PBEEDIFICA. 2013. Anexo Geral V – **Catálogo de Propriedades Térmicas de paredes, coberturas e vidros**. Anexo da Portaria INMETRO Nº 50/2013. Disponível em: <file:///AnexoV_CatalogoPropriedadesTermicas%20v27NOV2017.pdf>. Acesso em: 26 abril 2019.

REIS, A. T. L. Avaliação de Alteração realizada pelos usuários no projeto original da habitação popular. In. ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE

CONSTRUIDO, 6, 1995. Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: ANTAC, 1995. p 319-324.

ROMERO, M. A. B. **Princípios bioclimáticos para o desenho urbano**. São Paulo: Pró Editores, 2000. Disponível em: <<http://www.ceap.br/material/MAT29052012162649.pdf>. Acesso em: 19 ago. 2018.

ROMERO, M. A.; ORNSTEIN, S. W. (coordenadores/ editores). **Avaliação Pós-Ocupação**. Métodos e Técnicas Aplicados à Habitação Social. São Paulo: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído; Financiadora de Estudos e Projetos, 2003.

RUAS, A. C. **Conforto Térmico nos Ambientes de Trabalho**. Ministério do Trabalho. FUNDACENTRO, 1999.

SILVA, J. E. **Avaliação Pós Ocupação da Escola Ieda Barradas Após A Reforma**. Monografia (Especialização em Gerenciamento da Construção Civil) – Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2007.

SILVA, L. F. G. **Percepção Climática e Conforto Térmico**: contribuição ao estudo interdisciplinar dos aspectos objetivos e subjetivos do clima em Palmas, TO. 2018. 516 f. Tese (Doutorado em Ciências do Ambiente) – Universidade Federal do Tocantins, Palmas, 2018.

SILVA, L. F. G.; SOUZA, L. B. Caracterização da direção predominante e velocidade do vento em Palmas (TO). In: Variabilidade e suscetibilidade climática: implicações ecossistêmicas e sociais, 12., 2016, Goiânia. **Anais...** Goiânia: SBCG, 2016. p. 1210-1221.)

SORGATO, M. J. **Desempenho térmico de edificações residenciais unifamiliares ventiladas naturalmente**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2009.

VITTORINO, F.; SATO, N. M. N.; AKUTSU, M. Desempenho térmico de isolantes refletivos e barreiras radiantes aplicados em coberturas. In: Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 7., 2003, Curitiba. **Anais...** Curitiba: ANTAC, 2003.

Exportar relatório (showStudy)inCS3.php?cfa=df87331038282d561d07fc9bd481625ea7404415&download=1

Referências ABNT (https://referenciabibliografica.net/?sr=cs-s)

Visualizar ▼

TCC II.doc (10/05/2019):

Documentos candidatos

acervodigital.ufpr.b... [1,35%]

publicacoescadematica... [0,71%]

247arquitetura.com.b... [0,64%]

vivadeocora.com.br/pr... [0,4%]

odiano.com/moveis/... [0,3%]

projeteeee.mma.gov.br... [0,28%]

projeteeee.mma.gov.br... [0,11%]

edisciplinas.usp.br/... [0,09%]

projeteeee.mma.gov.br... [0,05%]

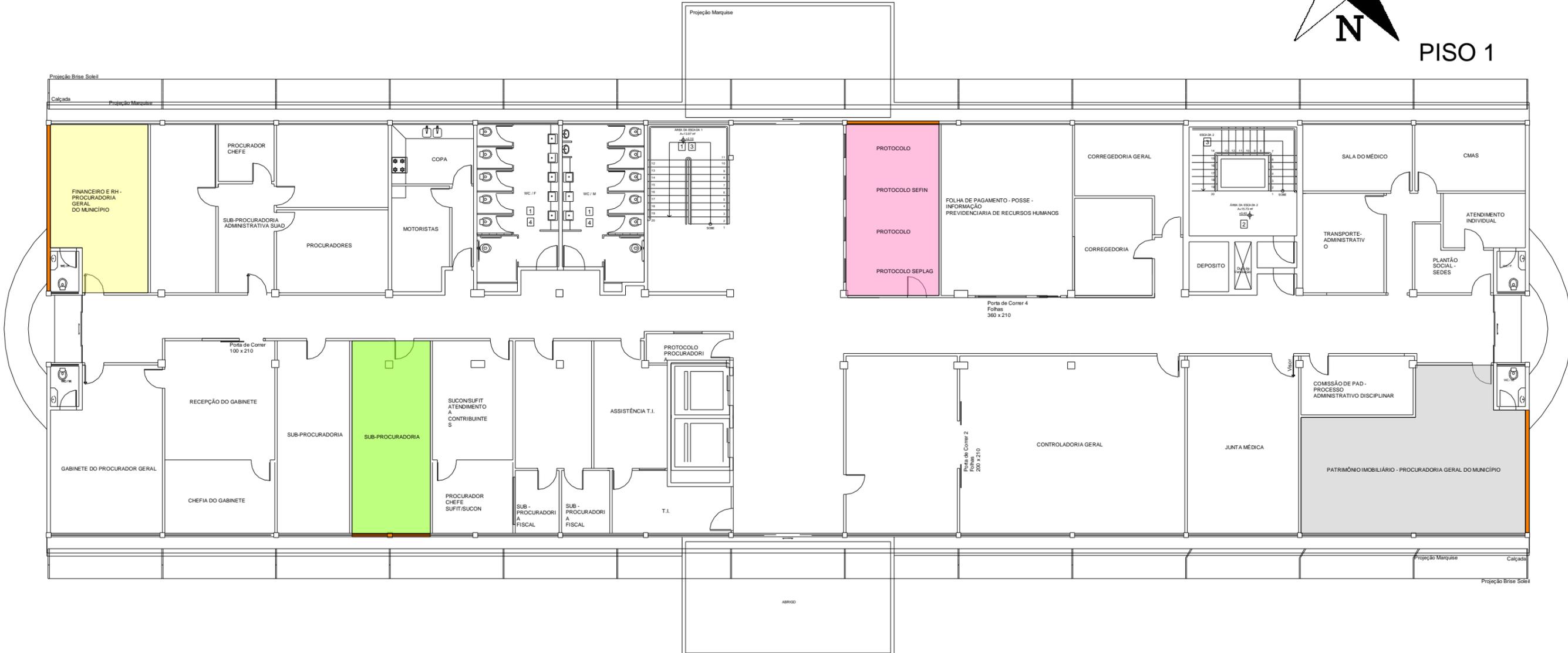
megacuonoso.com.br/h... [0,04%]

Arquivo de entrada: TCC II.doc (11350 termos)

Arquivo encontrado	Total de termos	Termos comuns	Similaridade (%)
acervodigital.ufpr.b... (https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/34348/SILVA_ISIS_SCHNEIDER_DA.pdf?sequence=1&isAllowed=y)	Visualizar 5519	226	1,35
publicacoescadematica... (https://www.publicacoescadematicas.uniceub.br/pjci/articulo/download/5807/4069)	Visualizar 8654	144	0,71
247arquitetura.com.b... (https://247arquitetura.com.br/sustentabilidade/s-p-o/)	Visualizar 588	76	0,64
vivadeocora.com.br/pr... (https://www.vivadeocora.com.br/procuriosidades/orientacao-solar-arquitetura/)	Visualizar 1225	51	0,4
odiano.com/moveis/... (https://odiano.com/moveis/308606/orientacao-solar-garante-conforto)	Visualizar 721	37	0,3
projeteeee.mma.gov.br... (http://projeteeee.mma.gov.br/sobre-o-projeteeee/)	Visualizar 688	34	0,28
projeteeee.mma.gov.br... (http://projeteeee.mma.gov.br/)	Visualizar 241	13	0,11
edisciplinas.usp.br/... (https://edisciplinas.usp.br/mod/resource/view.php?id=2361340)	Visualizar 634	11	0,09
projeteeee.mma.gov.br... (http://projeteeee.mma.gov.br/componentes-construtivos/)	Visualizar 549	7	0,05
megacuonoso.com.br/h... (http://www.megacuonoso.com.br/historia-e-geografia/37518-voce-sabe-por-que-e-que-o-norte-sempre-fica-no-topo-dos-mapas-.htm)	Visualizar 768	6	0,04

Anúncio fechado por Google

LOCAIS DE COLETA DE TEMPERATURAS E UMIDADE



LEGENDA DOS AMBIENTES COLETADOS

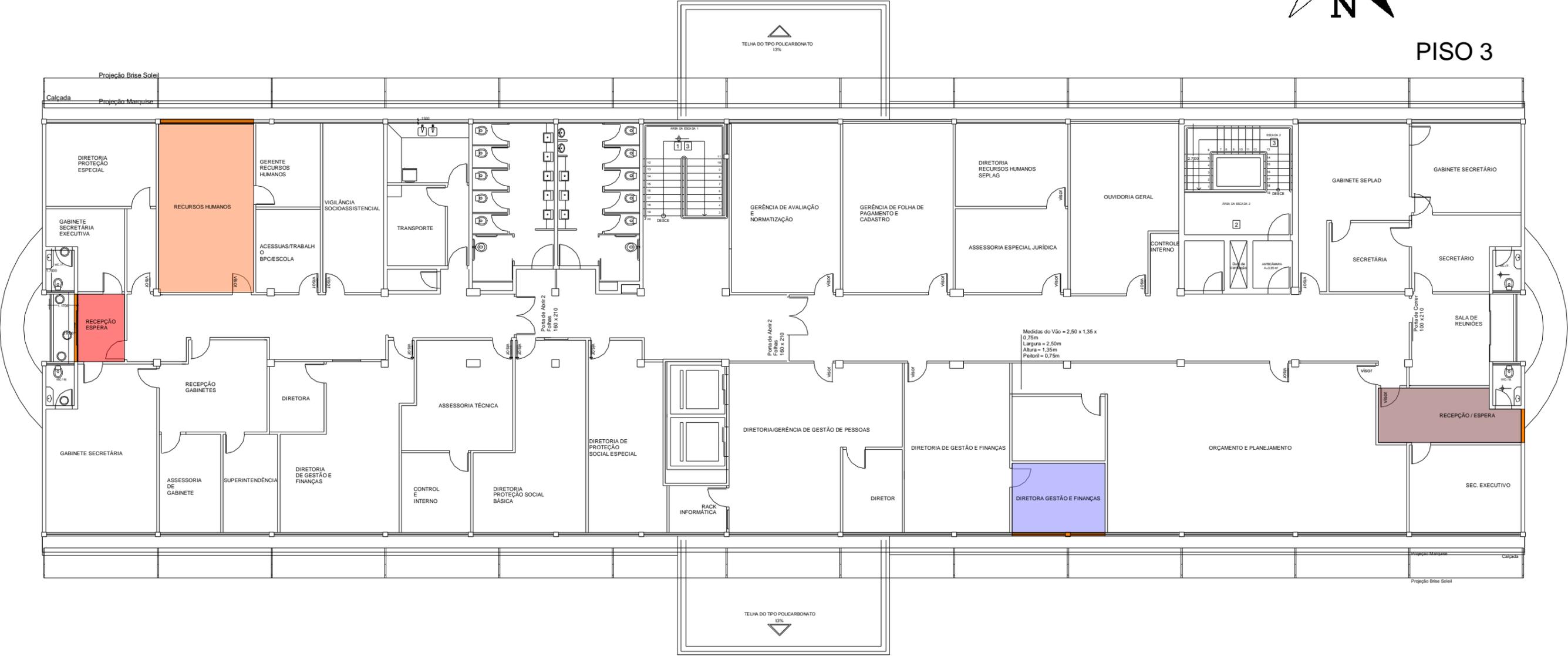
- FINANCEIRO E RH (Fachada oeste)
- SUB-PROCURADORIA (Fachada sul)
- PROTOCOLO (Fachada norte)
- PATRIMÔNIO IMOBILIÁRIO (Fachada leste)

PAREDES ONDE FORAM COLETADAS TEMPERATURAS DE SUPERFÍCIE

LOCAIS DE COLETA DE TEMPERATURAS E UMIDADE



PISO 3



LEGENDA DOS AMBIENTES COLETADOS

- RECEPÇÃO/ESPERA (Fachada oeste)
- RECURSOS HUMANOS (Fachada norte)
- DIRETORA DE GESTÃO E FINANÇAS (Fachada sul)
- RECEPÇÃO/ESPERA (Fachada leste)

PAREDES ONDE FORAM COLETADAS TEMPERATURAS DE SUPERFÍCIE

Obs.: Nenhuma outra sala estava disponível para ser medida na fachada oeste, por isso foi utilizada a sala do meio (recepção/espera)

ESTUDO DE INCIDÊNCIA SOLAR E VENTILAÇÃO



PERÍODO NA MANHÃ



PERÍODO DA TARDE

Obs.: Os ventos predominantes no verão são oriundos do norte

COMPORTAMENTO DO SOL E DOS VENTOS NO VERÃO EM PALMAS-TO



PERÍODO NA MANHÃ



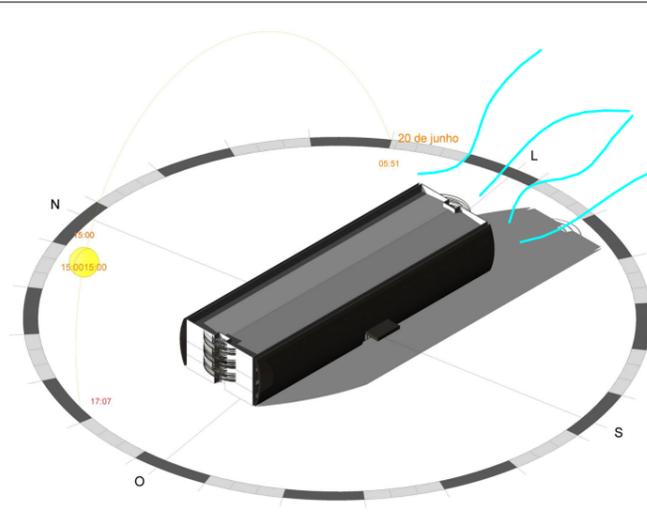
PERÍODO DA TARDE

Obs.: Os ventos predominantes no inverno são oriundos do leste

COMPORTAMENTO DO SOL E DOS VENTOS NO INVERNO EM PALMAS-TO



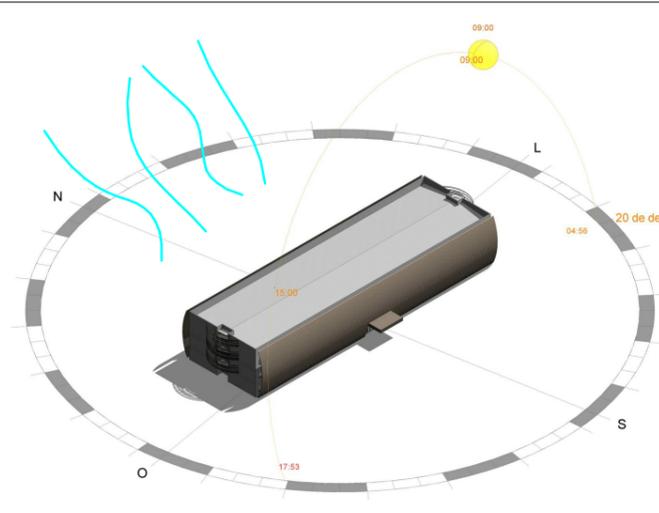
PERÍODO NA MANHÃ



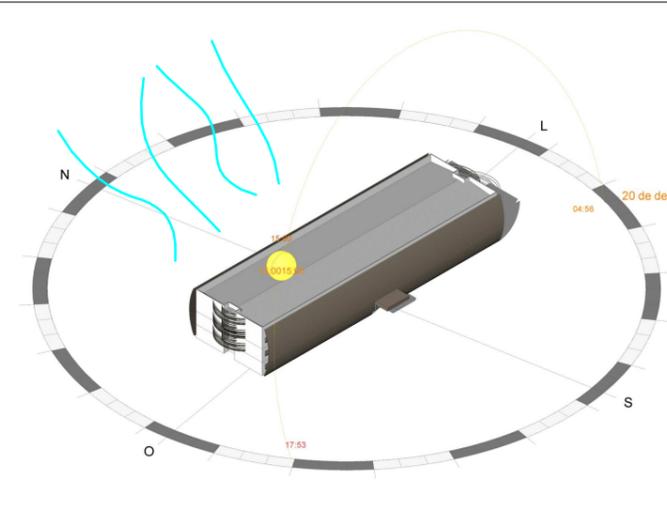
PERÍODO DA TARDE

Obs.: Os ventos predominantes no outono são oriundos do leste

COMPORTAMENTO DO SOL E DOS VENTOS NO OUTONO EM PALMAS-TO



PERÍODO NA MANHÃ



PERÍODO DA TARDE

Obs.: Os ventos predominantes na primavera são oriundos do norte

COMPORTAMENTO DO SOL E DOS VENTOS NA PRIMAVERA EM PALMAS-TO

ANEXO A: Espécies indicadas para a arborização de parques, praças e jardins na área urbana de Palmas-TO.

Nome Científico	Nome Popular	Origem	Porte	Forma Copa	Folhagem	Cor da Flor	Tamanho Fruto (cm)	Diâmetro da Copa (m)	Desenvolvimento	Categoria Sucessional
<i>Adenanthera pavonina</i>	Olho de pavão	EB	Grande	Elíptica horizontal	Semidecídua	Amarelo claro	1	8	Rápido	Pioneira
<i>Allophylus edulis</i>	Fruto-de-pombo	Nativa	Grande	Globosa	Perene	Branca		4 a 7	Lento/Rápido	Pioneira
<i>Anacardium microcarpum</i>	Cajuí	Nativa	Médio	Globosa	Semidecídua	Vermelha	4	6	Lento	Pioneira
<i>Anacardium occidentale</i>	Caju	Nativa	Médio	Globosa	Decídua	Vináceas	16	5 a 8	Lento	Pioneira
<i>Anadenanthera colubrina</i>	Angico	Nativa	Grande	Globosa	Decídua	Amarelo esbranquiçado	21	10	Moderado/Rápido	Pioneira
<i>Andira cuyabensis</i>	Fruta de morcego	Nativa	Grande	Globosa/Elíptica vertical	Decídua	Branca	4	8	Moderado	Secundária
<i>Andira legalis</i>	Fruta de morcego	Nativa	Médio	Globosa	Decídua	Branca/Rosa	10		Moderado	Secundária
<i>Apeiba tibourbou</i>	Escova de macaco	Nativa	Grande	Globosa	Semidecídua	Amarela	7	8 a 10	Rápido	Pioneira
<i>Aspidosperma macrocarpon</i>	Guatambu do cerrado	Nativa	Grande	Elíptica vertical	Semidecídua	Branca	15	6	Lento	Pioneira
<i>Bauhinia forficata</i>	Pata de vaca	Exótica	Médio	Globosa	Semidecídua	Branca	-	4	Moderado	Pioneira/Secundária
<i>Bauhinia purpurea</i>	Pata de vaca roxa	EB	Pequeno	Globosa	Semidecídua	Roxa	11 (vagem)	3 a 5	Rápido	-
<i>Bauhinia variegata</i>	Pata de vaca	EB	Médio	Globosa/Elíptica vertical	Semidecídua	Rosa	25 (vagem)	3 a 5	Rápido	-
<i>Bowdichia virgilioides</i>	Sucupira do cerrado	Nativa	Grande	Globosa	Decídua	Roxo	7 x 0,2	5 a 8	Lento	Pioneira
<i>Byrsonima basiloba</i>	Murici do campo	Nativa	Médio	Globosa	Decídua	Amarelo	3 x 3	5	Lento	Secundária
<i>Byrsonima pachyphylla</i>	Murici ferrugem	Nativa	Médio	Globosa	Semidecídua	Amarela	1,5 x 1,5	4 a 6	Lento/Moderado	Pioneira
<i>Byrsonima sericea</i>	Murici de folha lisa	Nativa	Grande	Flambeli-forme	Semidecídua	Amarela	1 x 1		moderado	-
<i>Byrsonima verbascifolia</i>	Muricizão	Nativa	Pequeno	Flambeli-forme	Semidecídua	Amarela/Vermelha	3 x 2	5	Lento	Pioneira
<i>Caesalpinia echinata</i>	Pau Brasil	Exótica	Médio	Globosa	Semidecídua	Amarela	8	6	Moderado	Climax
<i>Caesalpinia peltophoroides</i>	Sibiriruna	Exótica	Grande	Globosa	Semidecídua	Amarela	8	14	Moderado	-
<i>Caryocar brasiliense</i>	Pequi	Nativa	Médio	Globosa	Semidecídua	Amarelo claro	9 x 10	10	Lento	Pioneira/Secundária

Nome Científico	Nome Popular	Origem	Porte	Forma Copa	Folhagem	Cor da Flor	Tamanho Fruto (cm)	Diâmetro da Copa (m)	Desenvolvimento	Categoria Sucessional
<i>Cassia fistula</i>	Cassia	EB	Grande	Globosa	Decídua	Amarela	20 (cilindro)	5	Rápido	Pioneira
<i>Cecropia pachystachya</i>	Embauba	Nativa	Médio	Globosa	Semidecídua	Cinza	14 x 1	6	Rápido	Pioneira
<i>Cedrela fissilis</i>	Cedro	Exótica	Grande	Globosa	Decídua	-	7 x 5	5 a 10	Rápido	Pioneira
<i>Cenostigma tocantinum</i>	Pau preto	Nativa	Grande	Umbeliforme	Semidecídua	Amarela	11 x 0,5	-	Rápido	Secundária
<i>Copaifera langsdorffii</i>	Pau d'óleo	Nativa	Grande	Globosa	Semidecídua	Branca	2 x 3	-	Lento	Primária/ Secundária
<i>Croton urucurana</i>	Sangra d'água	Nativa	Grande	Flambeli-forme	Decídua	Branco-esverdeada	0,5 x ,05	-	Rápido	Pioneira
<i>Curatella americana</i>	Lixeira	Nativa	Médio	Globosa	Semidecídua	Branco-amarelada	2 (Redonda)	7	Lento	-
<i>Dalbergia miscolobium</i>	Jacaranda do cerrado	Nativa	Grande	Globosa	Semidecídua	Roxas	1 x 0,2	-	Lento	-
<i>Delonix regia</i>	Flamboyant	EB	Grande	Umbeliforme	Decídua	Vermelha	35 (vagem)	10	Rápido	-
<i>Didymopanax morototoni</i>	Mandioqueiro	Nativa	Grande	Umbeliforme	-	Bege	0,5 x 0,5	10 a 12	Rápido	Pioneira/ Secundária/ Clímax
<i>Dimorphandra mollis</i>	Falso barbatimão	Nativa	Médio	Globosa	Decídua	Bege	14 x 3 x 0,3	6	Moderado	Pioneira
<i>Diopyros brasiliensis</i>	Caqui da mata	Nativa	Médio	Colunar	Semidecídua	Verde	7 x 7	6	Lento/ Moderado	Secundária
<i>Dipteryx alata</i>	Baru	Nativa	Grande	Globosa	Semidecídua	Branca	7 x 4 x 1	8 a 10	Lento/ Moderado	Secundária
<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	Tamboril	Nativa	Grande	Elíptica horizontal	Decídua	Branca	6 x 6 x 1	15 a 20	Rápido	Pioneira
<i>Enterolobium gummiferum</i>	Orelha de negro	Nativa	Pequeno	Globosa	Decídua	Branca	7 x 4 x 1	4 a 6	Moderado	Clímax
<i>Enterolobium schomburgkii</i>	Fava de rosca, Timborana	Nativa	Grande	Globosa	Decídua	Branca	7 x 7 x 1	8 a 10	Rápido/ Moderado	Secundária
<i>Eriotheca gracilipes</i>	Paineira lisa	Nativa	Grande	Elíptica horizontal	Semidecídua	Branca	5 x 6	6 a 10	Lento	Secundária
<i>Eriotheca pubescens</i>	Paineira peluda	Nativa	Grande	Elíptica horizontal	Decídua	Branca	6 x 10	5 a 8	Lento	Secundária
<i>Genipa americana</i>	Jenipapo	Nativa	Grande	Globosa	Semidecídua	Amarela	8 x 8		Rápido	Pioneira
<i>Guazuma ulmifolia</i>	Mutamba, Pau pólvora	Nativa	Grande	Colunar	Semidecídua	Amarela	2 x 2	4 a 8	Rápido	Pioneira

Nome Científico	Nome Popular	Origem	Porte	Forma Copa	Folhagem	Cor da Flor	Tamanho Fruto (cm)	Diâmetro da Copa (m)	Desenvolvimento	Categoria Sucessional
<i>Hancornia speciosa</i>	Mangaba	Nativa	Médio	Globosa	Semidecídua	Branca	4 x 4	3 a 5	Lento	Pioneira
<i>Handroanthus impetiginosus</i>	Ipê roxo, Ipê rosa	Nativa	Grande	Globosa	Decídua	Rosa/Roxo	25 x 2	4 a 8	Rápido	Secundária
<i>Handroanthus serratifolius</i>	Pau d'arco	Nativa	Grande	Globosa	Decídua	Amarela	17 x 2	6	Moderado	Secundária
<i>Hirtella ciliata</i>	Pau pombo	Nativa	Médio	Colunar	Semidecídua	Amarela	0,5 X 0,5	6	Lento	Secundária
<i>Hymenaea courbaril</i>	Jatobá da mata	Nativa	Grande	Globosa	Semidecídua	Branca	13 x 5	-	Lento	Secundária/ Clímax
<i>Hymenaea martiana</i>	Jatobá da mata	Nativa	Grande	Globosa	Semidecídua	Branca	13 x 5	-	Lento	Secundária
<i>Hymenaea stigonocarpa</i>	Jatoba do cerrado	Nativa	Médio	Elíptica horizontal	Decídua	Branca	15 x 6	4 a 6	Rápido/ Moderado	Pioneira
<i>Inga capitata</i>	Inga Ferro	Nativa	Grande	Globosa	Semidecídua	Branca	10 x 2 x 1	-	Rápido	Pioneira/ Secundária
<i>Inga edulis</i>	Inga de metro	Nativa	Grande	Umbeliforme	Semidecídua	Branca	80 x 2	-	Rápido	Secundária
<i>Inga laurina</i>	Inga branco	Nativa	Grande	Globosa	Semidecídua	Branca	7 x 2,5	-	Rápido/ Moderado	Pioneira
<i>Kielmeyera coriacea</i>	Folha santa	Nativa	Médio	Elíptica Vertical	Semidecídua	Branca/ Amarela	14	3 a 5	Lento	Secundária
<i>Kielmeyera lathrophyton</i>	Pau santo	Nativa	Médio	Globosa	Semidecídua	Branca	18	3 a 5	Lento	Secundária
<i>Libidibia ferrea</i>	Pau ferro	Exótica	Grande	Elíptica horizontal	Semidecídua	Amarela	8 x 2 x 1	5 a 10	Rápido/Lento	Pioneira/ Secundária
<i>Licania tomentosa</i>	Oiti	Exótica	Grande	Globosa	Semidecídua	Creme/Branco	7 x 3	5 a 10	Rápido	Pioneira
<i>Lophantera lactascens</i>	Lanterneiro	Exótica	Grande	Colunar	semidecídua	Amarela	0,5 x 0,5	2 a 4	Moderado	-
<i>Luehea paniculata</i>	Acoita cavalo	Nativa	Grande	Colunar	Decídua	Branca	1,5 x 1,5	-	Rápido	Pioneira
<i>Machaerium acutifolium</i>	Jacaranda bico de pato	Nativa	Grande	Globosa	Semidecídua	Branca	7 x 1,5 x 0,2	3 a 5	Moderado	Pioneira
<i>Magonia pubescens</i>	Tingui do cerrado	Nativa	Médio	Globosa	Decídua	Esverdeada	12 x 12	3 a 5	Moderado	Pioneira
<i>Mouriri pusa</i>	Puca	Nativa	Médio	Colunar	Decídua	Branca	3 x 3	4 a 6	Lento	Pioneira
<i>Myracrodruon urundeuva</i>	Aroeira do sertão	Nativa	Grande	Flabeliforme	Decídua	-	0,2 x 0,2	5 a 8	Moderado	Pioneira
<i>Myrcia fallax</i>	Guaramirim	Nativa	Médio	Elíptica vertical	semidecídua	-	1 x 1	4 a 6	Moderado/ Lento	Pioneira
<i>Pachira aquatica</i>	Cacau selvagem	Nativa	Grande	Globosa	Semidecídua	Amarela/ vermelha	14 x 7	4 a 7	Rápido	Pioneira
<i>Parkia platycephala</i>	Fava de bolotas	Nativa	Grande	Umbeliforme	Semidecídua	Vermelha	10 a 22	12 a 20	Rápido	Pioneira

Fonte: Plano de Arborização Urbana de Palmas, 2016.