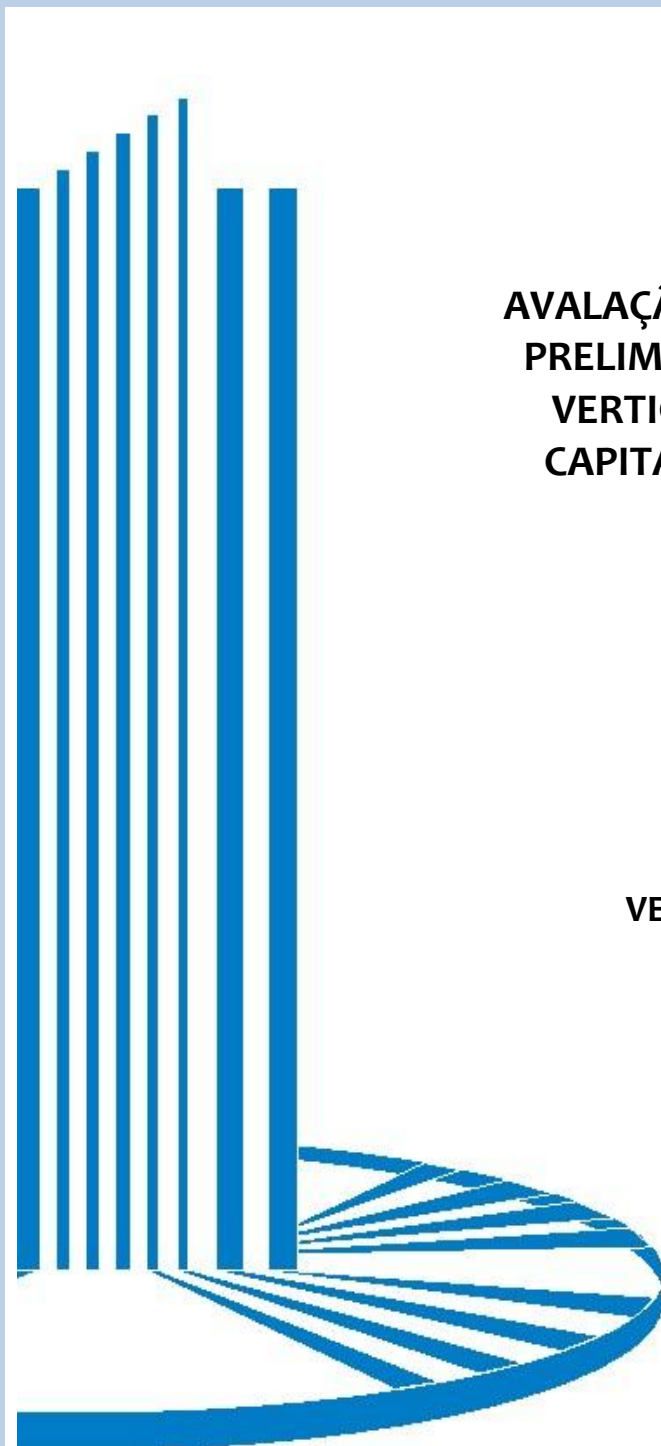


FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
FACULDADE DE ENGENHARIAS, ARQUITETURA E URBANISMO E GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E SUSTENTABILIDADE

TRABALHO DE CONCLUSÃO FINAL DE CURSO DE MESTRADO PROFISSIONAL EM
EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E SUSTENTABILIDADE



AVALIAÇÃO TERMOENERGÉTICA PRELIMINAR DE EDIFICAÇÕES VERTICAIS EM ASSUNÇÃO, CAPITAL DA REPÚBLICA DO PARAGUAI

VERONICA LÓPEZ

CAMPO GRANDE

2015

**FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
FACULDADE DE ENGENHARIAS, ARQUITETURA E URBANISMO E GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E SUSTENTABILIDADE**

**AVALIAÇÃO TERMOENERGÉTICA PRELIMINAR DE
EDIFICAÇÕES VERTICAIS EM ASSUNÇÃO, CAPITAL DA
REPÚBLICA DO PARAGUAI**

VERONICA LÓPEZ

**CAMPO GRANDE
2015**

**FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
FACULDADE DE ENGENHARIAS, ARQUITETURA E URBANISMO E GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E SUSTENTABILIDADE**

**AVALIAÇÃO TERMOENERGÉTICA PRELIMINAR DE
EDIFICAÇÕES VERTICAIS EM ASSUNÇÃO, CAPITAL DA
REPÚBLICA DO PARAGUAI**

VERONICA LÓPEZ

Trabalho de Conclusão de Curso do Mestrado Profissional apresentada na Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, para a obtenção do título de Mestre em Eficiência Energética e Sustentabilidade, na área de concentração de Eficiência Energética.


Orientador: Prof. Dr. Wagner Augusto Andreasi

CAMPO GRANDE

ABRIL / 2015

**FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
FACULDADE DE ENGENHARIAS, ARQUITETURA E URBANISMO E GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E SUSTENTABILIDADE**

Redação final do Trabalho de Conclusão Final de Curso defendida por VERONICA LÓPEZ, aprovada pela Comissão Julgadora em 24 de abril de 2015, na Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul para obtenção do título de Mestre em Eficiência Energética e Sustentabilidade.



Prof. Dr. Wagner Augusto Andreasi – Orientador
FAENG/UFMS

Prof. Dr. Ana Paula Da Silva Milani – Membro Titular
FAENG/UFMS

Prof. Dr. Jorge Luiz Steffen – Membro Titular
FAENG/UFMS



A minha mãe Eliane...

Esta vitória eu a dedico a você mãe, que esteve comigo em todos os momentos e não deixou que a distância te impedisse. Obrigada por me apoiar e ajudar a realizar sonhos que pareciam impossíveis e por não duvidar das minhas capacidades em nenhum momento! Dedico a você este trabalho, por ter me proporcionado apoio incondicional e por me desejar sempre o melhor. Dedico a você mãe, pois apesar das dificuldades, nunca permitiu que o desânimo ou a tristeza influenciasse fortemente nas nossas vidas!

AGRADECIMENTOS

Aos que acompanharam meus passos nesta fase, muito obrigada!

Primeiramente, agradeço a Deus que me deu impulso para seguir a minha caminhada e chegar ao meu objetivo.

Agradeço à minha mãe Eliane, irmãos Elaine e Alexis, e aos meus bisavôs Trinidad e Luciano, que me deram forças para seguir em frente.

Obrigada ao meu orientador, Prof. Dr. Wagner Augusto Andreasi, que com dedicação, competência e eficiência guiou-me à conclusão deste mestrado.

Aos meus colegas e amigos do LADE, que em todo momento me auxiliaram com a pesquisa e com inúmeras outras questões, muito obrigada Nathalya, Julia, Luis Fernando, Francisco, Eudoro e Tássio e em especial, eu agradeço ao Fernando (FHP), que de forma gentil sempre me auxiliou a encontrar respostas às várias dúvidas que surgiram durante todo o processo da pesquisa.

A todos que colaboraram direta e indiretamente na realização da pesquisa, muito obrigada!

“Não é pela força nem pelo teu poder que tu triunfarás, mas pelo meu espírito, diz o Senhor todo-poderoso”

Zacarias 4:6

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	JUSTIFICATIVA.....	17
1.2	OBJETIVOS	20
1.2.1	Objetivo Geral	20
1.2.2	Objetivos Específicos.....	20
1.3	ESTRUTURA DO TRABALHO	21
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	22
2.1	ENERGIA E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES NO MUNDO.....	22
2.1.1	Energia e Eficiência Energética em Edificações na América do Sul.....	25
2.1.2	Energia e Eficiência Energética em Edificações no Paraguai	28
2.2	DESEMPENHO TÉRMICO E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES.....	36
2.3	ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA.....	40
2.4	CARTA BIOCLIMÁTICA	41
2.4.1	Estratégias Bioclimáticas indicadas pela Carta Bioclimática	41
2.4.2	Métodos de Avaliação Bioclimática Utilizados pela Carta Bioclimática	44
2.4.2.1	Avaliação Bioclimática através das Normais Climatológicas	44
3	METODOLOGIA	46
3.1	QUESTIONÁRIO	46
3.2	EQUIPAMENTOS PARA COLETA DE DADOS CLIMÁTICOS	47
3.2.1	HOBO Temp/RH.....	47
3.3	TEMPO DE UTILIZAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS	49
3.3.1	Analisador de Energia CIBER modelo CEM1000....	49
3.4	CARTA BIOCLIMÁTICA DE ASSUNÇÃO.....	50

3.5	MONITORAMENTO	52
3.5.1	Localização de Sensores	53
3.6	EDIFICAÇÕES MONITORADAS	54
3.6.1	Primeiro Grupo – Edificações Localizadas no Centro Histórico de Assunção	54
3.6.1.1	Edifício Líder IV	54
3.6.1.2	Edifício Ybaga	56
3.6.2	Segundo Grupo – Edificações Localizadas a 1 km do Centro Histórico de Assunção	60
3.6.2.1	Edifício Fortaleza III	60
3.6.2.2	Edifício Figueiras	63
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	65
4.1	CARTA BIOCLIMÁTICA DE ASSUNÇÃO	65
4.2	RESULTADOS DOS MONITORAMENTOS	68
4.2.1	Edifício Líder IV	68
4.2.1.1	Desempenho Térmico do Ambiente	70
4.2.1.2	Comparação de Dados Obtidos e Carta Bioclimática	72
4.2.1.3	Características Construtivas e suas Influências no Espaço Interno	74
4.2.1.4	Consumo de Energia Elétrica	75
4.2.1.5	Ganho Térmico do Ambiente	77
4.2.1.6	Análise Conclusiva da Edificação	78
4.2.2	Edifício Ybaga	79
4.2.2.1	Desempenho Térmico do Ambiente	80
4.2.2.2	Comparação de Dados Obtidos e Carta Bioclimática	82
4.2.2.3	Características Construtivas e suas Influências no Espaço Interno	83
4.2.2.4	Consumo de Energia Elétrica	84
4.2.2.5	Ganho Térmico do Ambiente	85
4.2.2.6	Análise Conclusiva da Edificação	86
4.2.3	Edifício Fortaleza III	87
4.2.3.1	Desempenho Térmico do Ambiente	89
4.2.3.2	Comparação de Dados Obtidos e Carta Bioclimática	90
4.2.3.3	Características Construtivas e suas Influências no Espaço Interno	92
4.2.3.4	Consumo de Energia Elétrica	93
4.2.3.5	Ganho Térmico do Ambiente	94

4.2.3.6	Análise Conclusiva da Edificação	95
4.2.4	Edifício Figueiras.....	95
4.2.4.1	Desempenho Térmico do Ambiente	97
4.2.4.2	Comparação de Dados Obtidos e Carta Bioclimática.....	98
4.2.4.3	Características Construtivas e suas Influências no Espaço Interno	99
4.2.4.4	Consumo de Energia Elétrica.....	100
4.2.4.5	Ganho Térmico do Ambiente.....	101
4.2.4.6	Análise Conclusiva da Edificação	102
5	CONCLUSÕES.....	103
6	PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS	106
	REFERÊNCIAS	107
	APÊNDICE A- Questionário.....	115

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Crescimento do Consumo de Energia Elétrica e PIB no Brasil	26
Figura 2.2 - Localização de Assunção	29
Figura 2.3 - Mapa de localização, em vermelho Región Centrada em el Este de Paraguay.....	30
Figura 2.4 – Divisão regional do Paraguai.....	31
Figura 2.5 - Zonas de Estratégia da Carta Bioclimática.....	42
Figura 2.6 - Carta Bioclimática.	45
Figura 3.1 - HOBO Temp/RH - H08-003-02.	48
Figura 3.2 - Analisador de Energia CIBER modelo CEM1000.....	49
Figura 3.3 - Sensor para coleta de dados externos.....	52
Figura 3.4 - Carta Solar de Assunção.	53
Figura 3.5 - Localização dos edifícios do primeiro grupo.....	54
Figura 3.6 - Fachada principal Edifício Líder IV	55
Figura 3.7 - Fachada Edifício Líder IV.....	55
Figura 3.8 - Fachada principal.....	58
Figura 3.9 - Fachada lateral.....	58
Figura 3.10 - Localização de edificações do segundo grupo.....	60
Figura 3.11 - Vista Edifício Fortaleza III.....	61
Figura 3.12 - Vista Edifício.....	61
Figura 3.13 - Edifício Figueiras.....	63
Figura 4.1 - Carta Bioclimática de Assunção. Fonte: Software Analysis Bio.	66
Figura 4.2 - Estratégias indicadas pela Carta Bioclimática para o mês de Fevereiro	67
Figura 4.3 - Umidade Relativa interna e externa do ar	69
Figura 4.4 - Temperatura interna e externa do ar.....	70
Figura 4.5 - Dia de Referência - Edifício Líder IV	72
Figura 4.6 - Umidade Relativa interna e externa do ar	79
Figura 4.7 - Temperatura interna e externa do ar.....	80
Figura 4.8 - Dia de Referência Edifício Ybaga	81
Figura 4.9 - Umidade Relativa interna e externa do ar	87
Figura 4.10 - Temperatura interna e externa do ar.....	88
Figura 4.11 - Dia de Referência Edifício Fortaleza III.....	90
Figura 4.12 - Fachada Edifício Fortaleza III.	92
Figura 4.13 - Umidade Relativa interna e externa do ar.....	96
Figura 4.14 - Temperatura interna e externa do ar.....	96
Figura 4.15 - Dia de Referencia edifício Figueiras.....	98

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1 - Produção e Consumo de Eletricidade no Paraguai.....	18
Tabela 2.1 - Energia produzida no Paraguai utilizando recursos renováveis, no ano de 2012.	33
Tabela 3.1 - Características do Edifício Líder IV.	56
Tabela 3.2 - Características do Edifício Ybaga.....	59
Tabela 3.3 - Características do Edifício Fortaleza III.....	62
Tabela 3.4 - Características do Edifício Figueiras.	64
Tabela 4.1 - Normal Climatológica do mês de fevereiro.....	68
Tabela 4.2 - Médias de dados climáticos coletados durante a pesquisa:	73
Tabela 4.3 - Equipamentos.	76
Tabela 4.4 - Consumo de equipamentos analisados.....	76
Tabela 4.5 - Médias de dados climáticos coletados durante a pesquisa	83
Tabela 4.6 - Equipamentos.	84
Tabela 4.7 - Consumo de equipamentos.....	85
Tabela 4.8 - Médias de Variáveis Climáticas coletadas durante a pesquisa	91
Tabela 4.9 - Equipamentos.....	93
Tabela 4.10 - Consumo de equipamentos elétricos.....	94
Tabela 4.11 - Média de variáveis climáticas coletadas durante a pesquisa	99
Tabela 4.12 – Equipamentos.	100
Tabela 4.13 - Consumo de equipamentos	101

LISTA DE SIGLAS

AChEE	Agencia Chilena de Eficiencia Energética
ANDE	Administración Nacional de Electricidad
BEM	Balance Energético Nacional
BTU	Unidade Térmica Britânica
DINAC	Dirección de Meteorología e Hidrología
ENCE	Etiqueta Nacional de Conservação de Energia
LabEEE	Laboratório de Eficiência Energética em Edificações
MME	Ministerio de Minas e Energia
OMM	Organização Meteorológica Mundial
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
SIEN	Sistema de Información Energética Nacional
SIN	Sistema de Interconexión Nacional
TBS	Temperatura de bulbo seco
TBU	Temperatura de Bulbo úmido

RESUMO

LÓPEZ, Verónica (2015). Avaliação Termoenergética Preliminar de Edificações Verticais em Assunção, Capital da República do Paraguai. Campo Grande, 2015. 88 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Mestrado Profissional) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil.

A eficiência energética em edificações constitui questão bastante estudada em vários países do mundo; no Paraguai, porém, o assunto não tem sido muito explorado ou valorizado. Desta forma, este trabalho analisou, através de estudos de caso o desempenho térmico de edificações localizadas em Assunção, capital da República do Paraguai, de maneira a apontar as características da edificação, assim como de uso e ocupação, que influenciam de modo mais intenso no consumo energético. Para o desenvolvimento da pesquisa, foram instalados nas edificações sensores para coleta de variáveis climáticas, de forma a encontrar os níveis de temperatura e umidade relativa do ar tanto interna quanto externa. Para coleta de dados de uso e ocupação, foi utilizado questionário contendo perguntas sobre o funcionamento geral das salas estudadas em cada edificação. Os resultados demonstraram que a falta de uso ou aplicação errônea de estratégias bioclimáticas é a maior causa das temperaturas inadequadas para os ambientes, observadas dentro da maioria das edificações analisadas.

Palavras-chaves: eficiência energética em edificações, desempenho térmico, consumo energético, Paraguai, estratégias bioclimáticas.

ABSTRACT

Energy efficiency in buildings is an issue widely studied in several countries around the world; in Paraguay, however, it has not been much explored or valued. Thus, this study analyzed through case studies the thermal performance of buildings located in Asuncion, capital of Paraguay, in order to point out the characteristics of the building, as well as use and occupancy that influence more intensely energy consumption. For the development of the research, sensors were installed in the buildings to collect climatic variables in order to record air temperature and relative humidity levels both internal and external. To collect use and occupation data, a questionnaire was used regarding questions about the general operation of the rooms studied in each building. The results showed that the lack of use or misapplication of bioclimatic strategies is the major cause of inadequate temperatures in the environments, which was observed in most of the analyzed buildings.

Keywords: energy efficiency in buildings, thermal performance, energy consumption, Paraguay, bioclimatic strategies.

1 INTRODUÇÃO

A construção de edifícios inadequados, tanto para a cultura como para o clima da região de implantação, é um fenômeno proveniente da internacionalização dos estilos arquitetônicos considerados símbolos do poder, como arranha-céus envidraçados. Essa tendência tem grande responsabilidade sobre as edificações ineficientes encontradas em várias cidades do mundo pois, para a correção dos efeitos desfavoráveis causados pela falta de integração da construção com o clima local, é primordial a instalação de sistemas de condicionamento artificial que, na maioria das vezes, geram alto gasto energético. Por outro lado, o acréscimo populacional combinado com a falta de construção ou adequação de edifícios de acordo com as características climáticas do local, tem sido considerado um ponto preocupante para países que buscam desenvolvimento sustentável. Assim, a criação de normas de eficiência energética em diversas partes do mundo tem sido impulsionada pelo aumento da demanda por esse tipo de edificações, como também pela expansão do consumo de energia (LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 2014).

Essas normatizações, em geral, classificam as edificações de acordo com o seu nível de consumo energético, estabelecendo, assim, uma noção sobre a quantidade de energia usada pela edificação em comparação com as demais (JAIN, TAYLOR e PESCHIERA, 2012; DIAZ, WILBY e GONZÁLEZ, 2013).

No Paraguai, com a criação do Comitê Nacional de Eficiência Energética, no ano de 2011, foram colocadas em pauta as questões referentes ao uso de energia. Porém, justificando-se pela criação recente, o

comitê tem realizado poucas ações efetivas, limitando-se, por enquanto, a estabelecer objetivos, alguns dos quais são citados a seguir:

- identificar projetos e programas existentes relacionados à eficiência energética;
- analisar e identificar fontes de financiamento de projetos;
- analisar e implantar fatores fiscais, financeiros e tributários;
- estabelecer critérios de eficiência energética (normatização e etiquetagem de produtos, substituição de fontes, etc.);
- criar uma campanha de promoção e difusão;
- elaborar um Plano de Uso Eficiente de Energia, em todos os seus aspectos.

Atualmente, no Paraguai, não há nenhum tipo de programa de redução de uso de energia voltado às edificações. Se o setor imobiliário é importante consumidor de energia elétrica em todo o mundo, de forma similar, no Paraguai, ele constitui a seção de maior consumo e, dessa forma, uma parte com grande potencial de redução do gasto energético nacional, mediante a implantação de normativas. Isso torna o desempenho térmico da edificação um importante influenciador do nível de consumo de energia.

Assim, projetos que visam implantar estratégias bioclimáticas e que buscam favorecer a incidência de fatores ambientais benéficos para a edificação conseguem otimizar o desempenho térmico das edificações, causando uma diminuição no uso de sistemas de condicionamento artificial, criando ambientes mais eficientes energeticamente.

Para uma futura implantação de normativas que tornem as edificações paraguaias mais eficientes, é essencial, primeiramente, a análise e o conhecimento das características construtivas, arquitetônicas e funcionais dessas construções. Com esse intuito, esta pesquisa descreve tais

particularidades por meio de estudos de caso, fazendo uma combinação com dados de variáveis climáticas (umidade relativa e temperatura de ar interna e externa), de forma a demonstrar o comportamento térmico da edificação. Este trabalho é de grande relevância, pois os resultados obtidos poderão oferecer um suporte empírico para a elaboração de regulamentos direcionados a tornar edifícios construídos no Paraguai mais eficientes.

1.1 JUSTIFICATIVA

O crescimento econômico, associado ao aumento de consumo de energia, necessita de regulamentações que direcionem a um futuro com uso racional de recursos energéticos. Uma das medidas que possibilitam a racionalização da energia no crescimento dos países é a normatização da eficiência energética em edificações (LAMBERTS e CARLO, 2004).

Nesse contexto, o Paraguai, país que atualmente enfrenta cortes de abastecimento de energia elétrica por causa do sucateamento das linhas de transmissão e distribuição, também pode reduzir a alta demanda de energia elétrica, por meio da eficiência energética em edificações.

Segundo Pulfer (2005), em junho de 2005, a *Administración Nacional de Electricidad* (ANDE) contabilizou 1.042.000 usuários, dos quais 86% constituíam residências, 10,4% comércios, 1,3 % setor industrial e 2,4% entidades governamentais. Assim, em 2005, de toda a energia elétrica aplicada no país, residências utilizaram 38,7% (1937,66 GWh), o comércio consumiu 17,7% (884,05 GWh), as indústrias 24,9% (1294,67 GWh) e as entidades governamentais um total de 18,7% (937,43 GWh).

Com o crescimento econômico e populacional do Paraguai, as interrupções no abastecimento elétrico serão cada vez mais frequentes, pois a falta de recursos econômicos para o melhoramento do sistema de transmissão tende a ser permanente, já que a cada ano é feita uma previsão

de investimento no sistema elétrico; porém, as melhorias não são atingidas, pois os investimentos financeiros não são realizados.¹

No Paraguai, a geração de energia elétrica sofreu considerável variação entre os anos de 2011 e 2013. No ano de 2011, a produção bruta de eletricidade, no país, alcançou 57.620 GWh, dos quais 11.500 GWh restaram para o consumo nacional. Em 2012, a produção de energia aumentou 4,5% em relação a 2011, chegando a 60.230 GWh. Já o consumo de eletricidade dos comércios e residências aumentou 10,6% em 2012, e o setor industrial apresentou um acréscimo de consumo de 5,6%, entre 2011 e 2012. Dessa forma, pode-se observar que o consumo tem aumentado mais que a produção de energia elétrica no país. Essa tendência de maior crescimento do consumo em relação à produção de eletricidade repete-se no ano de 2013 e com um agravante: nesse ano, a produção de eletricidade decresceu 16,11% em relação a 2012 (Tabela 1.1) (PARAGUAY, 2014b).

Tabela 1.1 - Produção e Consumo de Eletricidade no Paraguai.

ELETRICIDADE (GWh)	2011	2012	2013
Produção	57.624,99	60.234,61	50.530,6
Exportação	46.119,83	47.662,72	39.849,82
Oferta total	11.505,16	12.571,89	10.680,78
Centrais hidroelétricas	57.624,99	60.234,61	50.530,6
Setor residencial	4.609,79	5.098,25	4.559,24
Setor industrial	1.709,46	1.805,79	1.609,7
Setor público e outros	1.251,27	1.318,22	1.271,24
Consumo energético	7.570,52	8.222,26	7.440,18
Consumo final	7.570,52	8.222,26	7.440,18
Perdas	3.433,4	3.845,14	2.658,64

Fonte: SIEN, 2014.

¹ America Economia: Disponível em: <<http://www.americaeconomia.com/negocios-industrias/ex-titular-de-la-administracion-de-electricidad-afirma-que-crisis-se-veia-venir>>. Acesso em: 11 nov. 2014.

Entre 2011 e 2012, o setor residencial destacou-se por apresentar o maior acréscimo no uso de energia elétrica no Paraguai, atingindo 9,3% de aumento no índice de consumo de energia elétrica residencial por habitante, o que significa que o gasto médio de eletricidade, nos lares paraguaios, intensificou-se de maneira notável em relação aos anos anteriores. Dessa forma, no ano de 2012, as residências representaram 43,3% na estrutura do consumo total de energia elétrica no país. Assim, segundo esses dados, os níveis de gasto de energia nas residências exibem altas que podem ser fortalecidas com a ascensão de classes sociais com o desenvolvimento econômico, pois famílias com maior poder aquisitivo têm maior poder de compra e, por consequência, maior poder de consumo energético (PARAGUAI, 2013). O *Balance Energético Nacional* (BEM) 2012 também indica que o consumo final de energia por habitante no país, no ano de 2012, sofreu um aumento de 0,4% em relação a 2011. Desta forma, todas estas informações sugerem que o consumo energético, no Paraguai, tende ao aumento, mesmo com um baixo ou mínimo desenvolvimento econômico.

Especificamente, a energia elétrica apresentou acréscimo de 6,8% de gasto por habitante, entre 2011 e 2012, sendo a maior variação de consumo desse tipo de energia no país, seguida do consumo por habitante de derivados de petróleo, que teve aumento de 1,28%, em 2012, em relação a 2011 (PARAGUAI, 2013b).

A tendência do crescimento do uso de energia no setor residencial confirma-se, segundo o BEN 2013. Esse relatório indica que, em 2013, o consumo nacional de energia elétrica aumentou 9,7%, em relação ao ano de 2012. O setor residencial superou o crescimento apresentado em 2012 (9,3%), atingindo 10% em 2013, representando, assim, 44,9% do total registrado em nível nacional (PARAGUAI, 2014).

Já que os grandes investimentos na manutenção ou ampliação da rede de distribuição de energia elétrica não são concretizados, as estratégias

de eficiência energética seriam aliadas importantes para a diminuição do consumo da energia elétrica no Paraguai. Com edificações mais eficientes, o sistema elétrico poderia operar de forma mais eficaz, pois as demandas seriam diminuídas consideravelmente.

Neste sentido, este trabalho analisou o desempenho energético da envoltória de edificações verticais, localizadas na cidade de Assunção, capital do Paraguai, assim como o consumo elétrico de alguns equipamentos eletroeletrônicos utilizados nesses prédios, visando caracterizar o comportamento do gasto de eletricidade das edificações e apontar as particularidades, tanto construtivas como funcionais, que determinam seu nível de consumo de energia elétrica. A análise foi feita através de estudos de caso que avaliaram uma sala em cada edificação.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Avaliar edificações verticais localizados em Assunção – Capital da República do Paraguai, de forma a apontar as características da edificação, assim como de uso e ocupação, que influenciam de forma mais intensa no consumo energético.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Avaliar as características do envelope construído das edificações com relação ao desempenho térmico;
- Avaliar a eficiência do sistema construtivo das edificações estudadas, de acordo com as características climáticas de Assunção/Paraguai;

- Verificar o consumo de energia elétrica de alguns equipamentos eletroeletrônicos utilizados nos ambientes internos.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho está organizado em seis capítulos: o primeiro apresenta uma introdução ao tema, descrevendo o problema pesquisado e os objetivos perseguidos.

O segundo capítulo traz uma revisão bibliográfica referente à eficiência energética em edificações e à produção de energia no mundo, na América do Sul e, finalmente, no Paraguai. Assim como de outras questões importantes para a pesquisa.

No terceiro capítulo, é descrita a metodologia utilizada no trabalho. Primeiramente, descrevem-se as características da edificação estudada e os tipos de variáveis climáticas; logo, são apresentados os equipamentos de medição utilizados para a realização dos monitoramentos das variáveis climáticas, consumo de energia elétrica e funcionamento dos edifícios.

Já no quarto capítulo, são apresentados os dados coletados nas edificações analisadas.

O quinto capítulo aborda os resultados e discussões apartir da análise dos dados coletados. No sexto e último capítulo são apresentadas as conclusões da pesquisa.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 ENERGIA E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES NO MUNDO

O setor imobiliário é um dos maiores responsáveis pelo alto consumo de energia em todo o mundo. Em vários países europeus, transações imobiliárias exigem a apresentação de selos de nível de consumo energético das edificações, pois dessa forma os possíveis compradores ou locatários podem ter informações sobre custos da energia que é consumida pelo edifício (PELLEGRINI-MASINI e LEISHMAN, 2011; PORRITT et al., 2012).

No Reino Unido, edificações de escritórios foram responsáveis por 11% de toda a energia consumida no ano de 2007. Naquele país, a escassez de interesse em realizar investimentos em edificações energeticamente eficientes tem raiz no baixo valor pago pela energia elétrica, em comparação com o alto valor de aluguel aplicado pela maioria dos locatários de edifícios. Assim, o valor gasto com a energia elétrica não representa um problema financeiro para o locador, pois o seu alto poder econômico permite optar por imóveis de alto padrão e grande valor de arrendamento (PELLEGRINI-MASINI e LEISHMAN, 2011).

Ainda no continente europeu, Mata et al. (2013) realizaram um estudo sobre o consumo energético em residências da Suécia. Os edifícios foram analisados com enfoque no estado atual, em termos de consumo de energia, tecnologia, qualidade do ar interno e estado de manutenção. Os resultados demonstraram que o setor é responsável por utilizar 21% da energia do país. De maneira a estimar as modificações necessárias para a redução do consumo energético das residências, os pesquisadores realizaram simulações computacionais em que foram aplicadas medidas de

economia de energia, como: a mudança do tipo de envelope e a instalação de equipamentos mais eficientes.

Intervenção semelhante foi realizada em edifícios educacionais em diferentes regiões da Europa (Itália, Espanha, Reino Unido). O projeto foi testado com o objetivo de demonstrar a eficácia das estratégias de uso racional de energia, apresentando modelos para futuras aplicações em outras tipologias de edificações. As instituições educacionais escolhidas foram monitoradas, visando a análise do consumo de energia do edifício e a identificação de possíveis intervenções para a substituição de tecnologias existentes, de forma a reduzir o consumo de combustível e eletricidade. Como resultado, o projeto apresentou um maior incentivo ao uso racional de energia e estabeleceu um modelo de gestão de energia ambientalmente adequado para edificações públicas (DESIDERI et al., 2012).

Aspectos negativos à massiva implantação de programas de eficiência energética em edificações começaram a ser analisados, em alguns países. A diminuição do consumo de energia elétrica, por exemplo, poderia provocar uma redução do PIB, em um primeiro momento; porém, essa implicação negativa seria um efeito temporário que, em médio prazo, apresentaria boas consequências ao desenvolvimento econômico do país, já que o crescimento econômico seria conseguido sem que os recursos energéticos corressem um alto risco de serem extintos (CROUCHER, 2012).

Nos Estados Unidos da América (EUA), segundo o *US Department of Energy's* apud Nelson (2012), o consumo total de energia em edifícios aumentou em 40% entre 1985 e 2006, rendendo receitas imensas que ultrapassaram 290 bilhões de dólares em 2008. Assim, a redução no consumo de eletricidade, certamente, causaria um forte impacto sobre a arrecadação de receita do país. Isso, inicialmente, pode parecer negativo para o desenvolvimento econômico. No entanto, segundo Croucher (2012),

com a prática das medidas de eficiência energética, o PIB do país diminuiria, em um primeiro período de adaptação, mas logo voltaria a aumentar de forma mais rápida do que cresceria sem a implementação dos códigos de redução do uso de energia.

Nos EUA, essa visão que se aproxima da negatividade da eficiência energética, segundo Croucher (2012), fundamenta-se na redução de lucros, já que a diminuição do consumo faz com que as receitas de serviços públicos caiam. Outra questão comentada se baseia no fato de que o indivíduo que adotou medidas de eficiência energética poupa um determinado valor (o preço da energia por kWh), enquanto o produtor da energia economiza uma quantidade diferente, pois, para o produtor, o valor economizado pela redução da produção é inferior ao que poderia ser ganho pela energia que deixou de ser vendida.

Apesar de certas ponderações contrárias de pesquisadores da área financeira à eficiência energética nos EUA, no país, já foram realizadas inúmeras estratégias para a solidificação de um sistema energético racionalizado, pois a eficiência no uso de recursos energéticos tem sido um dos pilares da política energética nos últimos anos. Um exemplo disso pode ser observado com o programa chamado *Industrial Assessment Centres* (IAC) do *US Department of Energy's Office of Energy Efficiency and Renewable*, que tem como objetivo principal direcionar indústrias ao aumento de produtividade, reduzindo o impacto ambiental por meio da eficiência energética, minimizando os resíduos e prevenindo a poluição atmosférica. Esse trabalho é feito por meio de auditorias energéticas ou avaliações realizadas nas empresas e, como resultado, apresentam recomendações de mudanças estratégicas no funcionamento da indústria para otimizar o consumo de energia (ABADIE, GALARRAGA e ORTIZ, 2012).

Assim, os estudos realizados no mundo demonstram a importância da implantação de políticas energéticas mais eficientes. As edificações são foco de pesquisas em vários países, pois o setor é um grande consumidor energético e possibilita adequações para o uso racional de energia.

2.1.1 Energia e Eficiência Energética em Edificações na América do Sul

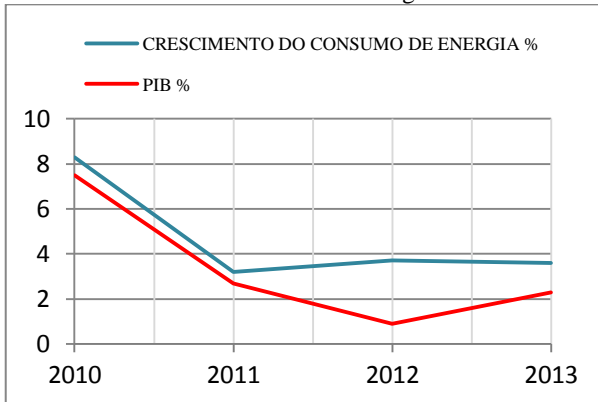
No Brasil, desde a criação do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), em 1985, as necessidades do consumo racional da eletricidade foram mais aprofundadas e desenvolvidas. Assim, em 1991, o PROCEL, já transformado em programa de governo, tem as suas responsabilidades e abrangência ampliadas.

A crise energética, ocorrida no Brasil em 2001, teve como consequência a criação da Lei de Eficiência Energética (nº 10.295/2001) e o aumento das atribuições do PROCEL, incidindo na criação do Procel Edifica. Dessa forma, o Manual para Aplicação dos Regulamentos da PROCEL, a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE), programa desenvolvido pela Procel Edifica, classifica edificações comerciais, de serviços, públicos e residenciais, de acordo com o nível de consumo de energia, que varia em cinco diferentes patamares, sendo E para o menos eficiente e A para o mais eficiente (MME, 2011).

Segundo o Procel Edifica, é possível uma redução de 30% no consumo de energia elétrica com a implementação de estratégias de eficiência energética nos sistemas de iluminação, condicionamento artificial e intervenções nas vedações da edificação, no que diz respeito às edificações existentes. Em caso de edificações novas, esse percentual pode ser elevado a 50% (MME, 2011).

Apesar dos esforços para a redução do consumo de energia elétrica, no Brasil, o crescimento do seu consumo aumentou 8,3%, em 2010, em relação ao ano de 2009; no mesmo período, o PIB indicou um aumento de 7,5%. De 2010 a 2011, o consumo de eletricidade no país se mostrou mais contido, alcançando 3,2%. O mesmo ocorreu com o PIB, que indicou 2,7% de crescimento, no mesmo intervalo. Entre os anos de 2011 e 2012, o aumento no consumo de energia elétrica foi de 3,7%, enquanto o PIB demonstrou um mínimo crescimento de 0,9%. Já no ano de 2013, o consumo de eletricidade teve aumento de 3,6%, com relação ao ano de 2012, com destaque para o setor residencial e comercial; no mesmo período, o PIB do país cresceu 2,3%. Dessa forma, observa-se que o uso da energia elétrica no Brasil está cada vez mais independente do ritmo de crescimento econômico do país (Figura 2.1) (MME, 2010; MME, 2011; MME, 2012; MME, 213b).

Figura 2.1 - Crescimento do Consumo de Energia Elétrica e PIB no Brasil



Fonte: Autor.

Outro país da América do Sul que tem implantado programas de eficiência energética em diversos setores é o Chile. Especificamente, o setor residencial chileno representa 26% do consumo total de energia no país; portanto, nesse setor é fundamental o desenvolvimento de projetos

arquitetônicos que tendam a estabelecer o uso eficiente de recursos energéticos (CHILE, 2011).

A *Agencia Chilena de Eficiencia Energética* (AChEE) possui vários programas de maneira conjunta com universidades, associações, ministérios e outras instituições privadas, com o objetivo de promover o uso eficiente de energia, oferecendo assistência no desenho de novas edificações, incorporando critérios de eficiência energética, implementando oportunidades de melhora em edificações já existentes e capacitando profissionais do setor das edificações para o maior conhecimento da eficiência energética (CHILE, 2011).

Já na Argentina, por meio da *Secretaria de Energia*, a *Coordinación de Eficiencia Energética*, o governo promove o uso eficiente da energia, utilizando-se da etiquetagem de equipamentos elétricos. Em relação às edificações, no país existe o *Programa de Ahorro y Eficiencia Energética en Edificios Públicos*, que objetiva poupar e controlar o consumo de energia elétrica e gás, capacitar os funcionários públicos, formular recomendações padronizadas e, assim, implementar a eficiência energética nos edifícios (ARGENTINA, 2006).

Outra norma referente às edificações, a *Norma IRAM 11900 - Etiqueta de Eficiencia Energética de Calefacción para Edificios*, regulamenta edifícios que necessitam de aquecimento artificial e estabelece uma metodologia simplificada para o cálculo do nível de eficiência energética da envolvente dos edifícios suscetíveis a receberem sistemas de aquecimento. Os resultados são expostos em etiquetas similares às utilizadas para demonstrar a eficiência energética de equipamentos domésticos. Já para edificações que necessitam de sistemas de refrigeração, a *Norma IRAM 11659-2* estabelece valores admissíveis de qualidade térmica para edifícios que requerem ar-condicionado (ARGENTINA, 2010).

Na Argentina, o setor comercial representa um total de 19% da eletricidade consumida, as indústrias 37%, as residências totalizam 32% e outros setores, 12%. O setor comercial indica o maior crescimento no consumo, aumentando em 500%, nas últimas três décadas. Esses dados são agravados pelo fato de que a matriz energética argentina é composta, majoritariamente, de energia de origem fóssil (ARGENTINA, 2012).

Preocupados com o uso irracional da energia da qual dispõem, alguns países da América do Sul têm criado programas para a regulamentação do uso de energia. Uma das estratégias principais para a redução do consumo elétrico é a implantação de normativas que buscam, de forma eficaz, lograr um uso racional de eletricidade, mediante edificações energeticamente eficientes.

2.1.2 Energia e Eficiência Energética em Edificações no Paraguai

O Paraguai é um país mediterrâneo, situado no centro da América do Sul. Com clima predominantemente temperado, é dividido politicamente em departamentos, que poderiam ser comparados aos estados na divisão brasileira. O país é subdividido em duas regiões: Região Ocidental ou Chaco, com três departamentos, e Região Oriental, com quatorze departamentos, conforme figura 2.2 (PARAGUAI, 2013).

Figura 2.2 - Localização de Assunção



Fonte: Adaptado de MOPC.

A Região Ocidental, localizada na margem esquerda do rio Paraguai, é conhecida como Chaco paraguaio e se estende ao norte até o território boliviano. A região possui uma topografia predominantemente plana, árida e seca, onde uma das poucas atividades econômicas possíveis de serem realizadas é a da pecuária. Apesar de representar 60% do território, há pouco interesse na Região Ocidental, mesmo sendo esta a que possui a maior parte das riquezas ecológicas do país (FUNDACIÓN PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE DEL CHACO, 2005).

A Região Oriental, localizada na margem direita do rio Paraguai, de clima temperado, possui vários cursos de água e, em algumas regiões, podem ser observadas montanhas de média altura. Com um clima úmido e apresentando abundantes chuvas, é considerada a região mais fértil do território paraguaio. Essa região concentra a maior riqueza econômica do país, a maior área urbanizada e a maior parte da população (PARAGUAY, 2013).

Assunção, cidade onde se localizam as edificações analisadas, está situada no departamento Central e, segundo a classificação climatológica

que estuda a *Cuenca del Plata*², está em uma região específica chamada *Región Centrada en el Este de Paraguay* (Figura 2.3). Essa região de clima subtropical úmido apresenta primaveras e verões extremamente quentes e chuvosos, e invernos muito frios e com poucas precipitações devido às invasões de ar polar, frequentes nessa época (BARROS et al., 2002).

Figura 2.3 - Mapa de localização, em vermelho Región Centrada em el Este de Paraguay.



Fonte: Instituto Nacional de Agua – Argentina. 1999.

No Paraguai, o *Sistema de Interconexión Nacional* (SIN) regula o abastecimento de eletricidade nas duas grandes regiões do território paraguaio, Oriental e Ocidental, ou Chaco; porém, grande parte da Região Ocidental ou Chaco e algumas áreas periféricas da Região Oriental carecem desse fornecimento elétrico, devido à baixa densidade populacional apresentada conforme Figura 2.4 (PARAGUAI, 2012).

² Segunda maior Bacia Hidrográfica do mundo que abrange Argentina, Bolívia, Brasil, Uruguai e a totalidade do Paraguai.

Figura 2.4 – Divisão regional do Paraguai



Fonte: Paraguay.com, 2013.

De acordo com o Vice-Ministério de Minas e Energia do Paraguai, a oferta interna bruta de energia do país está constituída, aproximadamente, de 67% de hidroenergia. A proporção de eletricidade gerada nas centrais hidroelétricas binacionais sobrepassa o necessário para o abastecimento do país. Utilizando-se de tratados, a grande quantidade de energia elétrica que excede o consumo paraguaio é disponibilizada para exportação. Isso mantém o país entre os grandes exportadores de energia no mundo (PARAGUAI, 2010).

Segundo o BEM 2012, mais de 79% da eletricidade produzida no país foi exportada por meio dos tratados com Argentina e Brasil, como parte da cooperação entre os países proprietários das Centrais Hidroelétricas (PARAGUAI, 2013b).

Segundo a Direção de Energia do Vice-Ministério de Minas e Energia do Paraguai, no país, os recursos energéticos se compõem, exclusivamente, por fontes renováveis (hidroenergia e biomassa). Assim, as fontes de energia estão praticamente limitadas à eletricidade e derivados de biomassa. Os derivados de petróleo consumidos no país são totalmente

importados desde 2006 e outras fontes de energia primária não compõem número importante no balanço nacional. A energia proveniente da biomassa tem dois usos principais: em forma direta, sem processamento prévio (em residências como materiais para produção de fogo), e a biomassa, transformada em seus derivados para usos mais específicos em indústrias. Essas indústrias, no geral de pequeno porte, instaladas no interior do país, aproveitam os resíduos agrícolas (resíduos de arroz, bagaço de cana-de-açúcar, etc.) para suprir necessidades térmicas da produção (PARAGUAI, 2010).

O *Sistema de Información Energética Nacional* (SIEN) indica na Tabela 2.1 que, no ano de 2012, a hidroenergia produzida ultrapassou os 69.812 GWh, dos quais 3.617,04 GWh não foram aproveitados por causa de perdas na transmissão. O etanol, com uma produção de 157.720 m³ no ano de 2012, ocupou o segundo lugar na produção de energia no país. O maior setor de consumo dessa energia é o transporte (152.640 m³), seguido dos setores residencial e comercial (920 m³), e industrial (900 m³). A lenha corresponde à terceira maior fonte de energia no Paraguai, com um total de 4.759,15 kt gerados no ano de 2012. A sua utilização se concentra, principalmente, nos setores residencial e comercial (2.264,01 kt utilizados), seguido pelos setores industrial, público e outros (1.245,36 kt 10 kt, respectivamente), totalizando mais de 3.519,37 kt de consumo no ano de 2012.

Assim, o SIEN indica que, no primeiro semestre do ano de 2012, a produção de eletricidade ultrapassou 30.510 GWh, dos quais 24.350 GWh foram exportados, restando assim, 6.150 TWh para o consumo paraguaio. A maior parte do consumo elétrico se encontra nos setores residencial e comercial, responsáveis por utilizar 62,76% de toda a energia ofertada, seguidos do setor industrial, com 21,12% de consumo, e do setor público, com 12,12%.

Tabela 2.1 - Energia produzida no Paraguai utilizando recursos renováveis, no ano de 2012.

	Hidroenergia (GWh)	Lenha (kt)	Produtos de Cana (ktep)	Outra Biomassa (kt)	Carvão Vegetal (kt)	Etanol (m³)
Produção	69.812,65	4.759,15	460,76	1.598,78	439,54	157.720
Exportação		0,95		2,39	178,71	
Não aproveitado	3.617,04					
Oferta Total	66.195,61	4.758,2	460,76	1.596,39	260,81	154.460
Centrais Elétricas	-6.619.561					
Carvoarias		-123.883			439,52	
Destilarias de Etanol			-46076			157.720
Total Transformado	-6.619.561	-123.883	-46076			
Sector Residencial e Comercial		2.264,01			181,91	920
Sector Transporte						152.640
Sector Industrial		1.245,36		1.596,39	78,9	900
Sector Público e outros		10				
Consumo Energético		3.519,37		1.596,39	260,81	154.460
Consumo Final		3.519,37		1.596,39	260,81	154.460

Fonte: Sistema de Información Energética Nacional, 2013.

Na Tabela 2.1, a coluna “Outra Biomassa”, que corresponde aos resíduos de produção agropecuária, indica que, no ano de 2012, essas fontes somaram mais de 1.598 kt de produção, convertida na sua totalidade pelo setor industrial.

O carvão vegetal, com uma produção de 439,58 kt, em sua maior parte, foi utilizado pelo setor comercial e residencial, e uma pequena parte foi transformada pelas indústrias.

As perdas em transporte e distribuição de eletricidade têm crescido de forma proporcional à produção de eletricidade no país. O BEN 2012 indica que as perdas aumentaram em 2,1%, no ano de 2011, se comparadas a 2010. Assim, o SIEN aponta que as perdas da eletricidade produzida no Paraguai alcançaram 6% e 6,4%, em relação ao total produzido nos anos de 2011 e 2012, respectivamente; já no ano de 2013, esse valor diminuiu para 5,3% da produção de energia, pois nesse ano a quantidade de eletricidade gerada no país foi consideravelmente menor (PARAGUAI, 2013b).

O Paraguai, país em via de desenvolvimento, apesar de ser um dos países com maior produção de energia elétrica do mundo, enfrenta

problemas no abastecimento elétrico em todas as regiões. Nas cidades com maior quantidade de habitantes, em períodos críticos, é realizado um racionamento de eletricidade. Isso é feito, principalmente, nas estações de intenso calor pois, sem os cortes no fornecimento de eletricidade, o sistema elétrico paraguaio colapsaria por causa da alta demanda, proveniente das edificações que intensificam o uso de equipamentos de refrigeração e ventilação artificial.³

Apesar da grande quantidade de energia elétrica disponível, o sistema de transmissão e distribuição da energia elétrica no Paraguai apresenta falhas que impedem o abastecimento contínuo, em grande parte do território paraguaio, pois a falta de investimentos em infraestrutura vem se estendendo há vários anos. Essas constantes interrupções no suprimento de energia elétrica são “preventivas” e são realizadas para aliviar a excessiva carga sobre o sistema elétrico do país. O Paraguai possui muita energia elétrica, porém, não possui infraestrutura para transportá-la comodamente. Dessa forma, é essencial que o país inicie um programa de governo que torne o uso de energia mais eficiente (PARAGUAI, 2012).

Questão pouco considerada, a eficiência energética começou a ganhar importância, no Paraguai, com o Decreto N° 6.377, de 31 de março de 2011. O então Presidente da República do Paraguai, Fernando Lugo, criou o Comitê Nacional de Eficiência, que estabeleceu como principal objetivo a criação do Programa Nacional de Eficiência Energética para o uso eficiente da energia no Paraguai (PARAGUAI, 2012b).

Atualmente, o Comitê Nacional de Eficiência Energética do Paraguai ainda está na fase de definição das áreas com necessidade de intervenção

³ America Economia: Disponível em: <<http://www.americaeconomia.com/negocios-industrias/ex-titular-de-la-administracion-de-electricidad-afirma-que-crisis-se-veia-venir>>. Acesso em: 15 dez. 2012.

para a elaboração e organização das ações a serem tomadas, desde as campanhas de informação, direcionadas às comunidades, até os projetos de intervenção em pontos específicos, que demandam modificações para o uso racional da energia (PARAGUAI, 2012b).

No Paraguai, pesquisas relacionadas a conforto térmico ou desempenho de materiais são escassas. No país, ainda não têm sido reveladas as características térmicas dos materiais locais, o que é fundamental para pesquisas mais aprofundadas a respeito do desempenho térmico e energético das edificações locais, e seus efeitos sobre o ambiente e o consumo de energia (LÓPEZ, SARTORIO e COHENCA, 2008).

Relacionado ao uso de aparelhos de ar-condicionado, segundo Barbosa, Troche e Rienzi (2012), é conhecido o problema da ANDE para abastecer a excessiva e cada vez mais crescente demanda de energia nas moradias, devido ao alto consumo dos aparelhos de ar-condicionado convencionais, utilizados nas edificações paraguaias.

Nesse sentido, Bordón e Santacruz (2008) enfatizam que uma legislação que promova, de forma definitiva, a eficiência energética e que penalize o mal gasto de energia, e favoreça as medidas alternativas, é essencial para o Paraguai. Esse tipo de legislação, porém, ainda vai levar muito tempo para ser instaurada no país.

Desta forma, realizar estudos básicos que possibilitem a obtenção de informações que caracterizem as edificações de Assunção, quanto à sua tipologia, sistema construtivo, desempenho térmico das vedações, de acordo com o clima local e a influência destes fatores no consumo energético, é fundamental para chamar a atenção à necessidade de regulamentos direcionados à eficiência energética em edificações no país.

2.2 DESEMPENHO TÉRMICO E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES

As características da vedação de uma edificação devem ser definidas de acordo com o as particularidades climáticas do local de implantação. A envoltória de um edifício age como um filtro entre as condições ambientais externas e internas. Assim, as vedações controlam fatores, como: a movimentação de saída e entrada do ar, calor e luz solar. Portanto, os materiais aplicados no envelope devem ser adequados para a administração dos fluxos internos e externos das variáveis climáticas, em cada região (OLGYAY, 2002).

Com o aproveitamento das variáveis climáticas favoráveis para o conforto ambiental, os mecanismos artificiais de iluminação, ventilação e refrigeração serão menos solicitados, pois uma tipologia arquitetônica, concebida de acordo com diretrizes de adaptação às características do clima local, faz o aproveitamento das variáveis climatológicas, quando as condições externas são favoráveis para a obtenção de um ambiente interno confortável, influenciando, assim, na criação de edifícios com menos consumo de energia.

Em relação ao conforto térmico — que constitui um dos fatores mais importantes para o desempenho térmico de uma edificação — Olgyay (2002) afirma que para a definição de mecanismos passivos de aproveitamento de variáveis climáticas que ajudem a alcançá-lo, tanto a localização como a latitude e orientação de implantação da construção colaboram na escolha de estratégias mais eficientes. Dessa maneira, para determinar os materiais que apresentam comportamentos térmicos adequados para a região de implantação, é essencial a realização de pesquisas sobre as condições térmicas, estabelecendo, assim, uma relação

direta entre a temperatura máxima e o valor de isolamento necessário para manter o ambiente interno termicamente confortável.

Assim, Olgay (2002) lista uma série de estratégias bioclimáticas recomendadas para regiões quentes e úmidas:

- **minimização do ganho térmico da edificação, por meio da radiação solar;** a radiação solar é um dos mais importantes contribuintes para o ganho térmico em edifícios, principalmente em regiões de clima quente. A vedação da edificação, e as propriedades termofísicas dos elementos que a compõem, são os principais responsáveis pela troca de energia entre o meio interno e externo, pois da radiação solar total que incide sobre um corpo opaco, uma parcela é refletida e outra absorvida. A fração absorvida é transformada em calor e é proporcional a uma propriedade da superfície do corpo denominada absorvância, e a parcela refletida é determinada pela refletância da superfície. Já no caso de uma parede transparente ou translúcida exposta à incidência da radiação solar e sujeita a uma determinada diferença de temperatura entre os ambientes que separa, os mecanismos de troca podem ser muito mais intensos que os observados em elementos opacos.
- **maximização da taxa de resfriamento durante a noite;** A ventilação noturna é uma estratégia de diminuição de calor que pode ser utilizada para potencializar o efeito de inércia térmica para resfriamento. Edificações que possuem elementos construtivos de alta capacidade térmica apresentam um amortecimento dos picos de temperatura internos em relação aos valores correspondentes no ambiente externo, da mesma forma, apresentam uma defasagem em relação aos horários de maior intensidade da temperatura externa.

Assim, quando a média da temperatura diária se situa acima dos valores considerados adequados para o conforto térmico, a ventilação noturna pode auxiliar na dissipação do calor, Além disso, com a redução da temperatura externa no período noturno, o emprego da ventilação natural intensifica o resfriamento da envoltória.

- **eficaz fornecimento de ventilação natural, mesmo em dias de chuva;** as edificações devem permitir a entrada de ventilação em dias de chuva através de tipologias arquitetônicas adequadas para as variações climáticas da região. Como exemplo podem ser citadas a implantação de varandas e beirais adequados, entre outros.
- **prevenção da entrada de insetos pelas aberturas direcionadas à ventilação;** esta prevenção pode ser feita através a instalação de telas nas aberturas das esquadrias, desta forma, evita-se a obstrução total da ventilação natural e a passagem de insetos durante o dia e a noite.
- **criação de espaços para atividades ao ar livre como parte integral do espaço da sala de estar;** em climas tropicais, a integração da edificação com o ambiente externo deve ser buscado de diferentes maneiras, uma delas é a implantação de tipologias que agregam o espaço externo a ambientes de permanência e convivência, de forma a proporcionar aos recintos, a possibilidade de fazer uso das condições climáticas externas, sempre e quando estas estiverem adequadas para se aproximar do conforto térmico.

Em seu livro *Climate Considerations in Building and Urban Design*, Givoni (1998) comenta que as propriedades que compõem uma edificação, principalmente as que constituem a envoltória, determinam a relação entre a temperatura externa, as condições de radiação solar e a temperatura interna

do ar de um ambiente não condicionado artificialmente. No caso de edificações refrigeradas artificialmente, a envoltória influencia diretamente na quantidade de energia que o sistema gastará para manter a temperatura do ambiente interno, dentro dos limites considerados adequados para o conforto térmico.

Assim, os materiais aplicados no envelope das edificações localizadas em regiões quentes e úmidas, mesmo com a utilização de estratégias de ventilação natural, devem buscar reduzir, de forma máxima, o aquecimento do espaço interno, durante as horas do dia, e maximizar seu resfriamento, durante as horas noturnas.

Para a concepção de edificações que proporcionem espaços internos considerados confortáveis para os seus usuários, com o uso reduzido de energia, é necessário reconhecer os fatores de funcionalidades que influenciam no consumo energético dentro da edificação, assim como os recursos construtivos que possibilitam soluções mais eficientes. A minimização dos gastos energéticos para o condicionamento de ar é uma das estratégias primordiais para gerar edificações confortáveis e energeticamente eficientes. Assim, projetar um edifício eficiente implica considerar as condições climáticas, às quais a edificação estará sujeita, assim como o entorno imediato do local de implantação (características urbanísticas), já que este determina as modificações das variáveis climáticas, pois o entorno pode proteger da radiação solar direta, refletir a variação, obstruir ou alterar a direção dos ventos predominantes (MATOS, 2012; GIVONI, 1998).

Erguer edificações atendendo às variáveis climáticas e utilizar estratégias ajustadas à área de instalação são imperativos, ao fazer a análise do cenário mundial e local da evolução do consumo, em relação à disponibilidade de energia. Um melhor aproveitamento do clima pode ser feito com o correto planejamento da edificação. Fatores como orientação,

entorno imediato, paisagismo e tipologia arquitetônica são extremamente influenciadores na correta adequação às características climatológicas da região (LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 2014).

2.3 ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA

Com a abundância de combustível barato e a grande expansão das técnicas de construção, após a II Guerra Mundial, deu-se início, assim, a uma fase de criação de edificações que suplantaram as estratégias naturais pelas artificiais, para conseguir o conforto térmico, a iluminação, entre outros. Enquanto o custo de energia para manter estas estratégias artificiais era insignificante e ainda não existia a consciência sobre a poluição gerada pelo uso excessivo de energia, edificações inadequadas para regiões climáticas continuaram sendo construídas em nome da ostentação do poder econômico. Assim, a produção deliberada de edificações ineficientes foi repensada na primeira crise de energia, provocada pela alta do preço do petróleo, em 1973. A partir de então, vagarosamente, foi retomada a arquitetura preocupada com a integração com o clima local, visando à criação de construções centradas no conforto térmico dos usuários e com o menor consumo de energia. Cria-se assim, a ideia de Arquitetura Bioclimática, que visa à construção de prédios, objetivando o aumento da qualidade de vida do ser humano no ambiente construído e no entorno, de forma integrada com as características climáticas locais (CORBELLA e YANNAS, 2003).

Desta forma, a Arquitetura Bioclimática indica as estratégias mais adequadas para a adaptação da edificação ao clima local, através de tecnologia baseada na correta utilização e aplicação dos elementos arquitetônicos, visando assim, criar edificações que ofereçam conforto higrotérmico com uso racional de energia. Uma das formas de encontrar as

estratégias bioclimáticas adequadas para o clima do local de implantação da edificação é a Carta Bioclimática, que faz a associação sobre a zona de conforto térmico, a atuação climática do local e as estratégias projetuais indicadas para cada período do ano. Estas estratégias podem ser passivas (através de meios naturais) ou ativas (através de meios artificiais) (GOULART, LAMBERTS e FIRMINO, 1998).

2.4 CARTA BIOCLIMÁTICA

Inicialmente proposta por Olgay (1963), a Carta Bioclimática propõe estratégias de adaptação da edificação ao clima, a partir de dados climáticos externos. A partir disto, em 1969, Givoni apresentou a Carta Bioclimática para Edifícios, que fazia a correção de algumas limitações do diagrama proposto por Olgay.

No seu trabalho mais recente, publicado em 1992, Givoni enfatiza que o conforto térmico, percebido no ambiente interno de edificações não condicionadas artificialmente, sofre influência das variações do clima externo e depende da experiência de uso dos habitantes, pois pessoas que se habitam em edificações sem condicionamento e ventiladas naturalmente, em geral, aceitam uma grande variação de temperatura e velocidade de ar. Razão que levou a concepção da Carta Bioclimática para países em desenvolvimento (países de clima quente), onde, para a determinação das estratégias bioclimáticas, os limites máximos de conforto foram expandidos (LAMBERTS; DUTRA e PEREIRA, 2014).

2.4.1 Estratégias Bioclimáticas indicadas pela Carta Bioclimática

Através da relação de dados climáticos do local objeto de estudo, podem ser determinadas as estratégias bioclimáticas a serem adotadas na edificação (Figura 2.5).

Figura 2.5 - Zonas de Estratégia da Carta Bioclimática



Fonte: Lamberts, Dutra e Pereira, 2014.

— Zona de Conforto

Nesta zona, haverá uma grande probabilidade de que as pessoas se sintam em conforto térmico no ambiente interno da edificação. Assim, não são recomendadas estratégias bioclimáticas para locais que têm os seus dados climáticos dentro da faixa determinada por esta zona (Figura 2.5) (LAMBERTS; DUTRA e PEREIRA, 2014).

— Zona de Ventilação Natural

Esta estratégia é recomendada quando a temperatura do ar, dentro da edificação, ultrapassar os 29°C ou a umidade relativa for superior a 80%, pois é recomendada somente para o limite de temperatura externa de até 32°C, conforme citado abaixo:

No clima quente e úmido a ventilação cruzada é a estratégia mais simples a ser adotada, porém fazendo com que a temperatura interior acompanhe a variação da temperatura exterior. Supondo que a velocidade máxima permitida para o ar interior é da ordem de 2 m/s, a ventilação é aplicável até o limite da temperatura exterior de 32°C, pois a partir daí os ganhos térmicos por convecção tornam esta estratégia indesejável. (LAMBERTS; DUTRA e PEREIRA, 2014, p. 87).

Em regiões com temperatura diurna acima dos 32° C, a ventilação diurna deve ser controlada para diminuir o ingresso de ar quente; já a ventilação noturna, deve ser aumentada para a redução da temperatura dentro do ambiente através do ar mais fresco (Figura 2.5) (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014).

— **Zona de Inércia Térmica para Resfriamento**

Esta estratégia diminui a amplitude da temperatura interior em relação à exterior, evitando, desta forma, os picos (Figura 2.5).

— **Zona de Resfriamento Evaporativo e Umidificação**

Esta estratégia é recomendada apenas quando a TBU máxima não excede os 24°C e a TBS máxima não ultrapassa os 44°C. Exemplos para a aplicação desta estratégia são o uso de vegetação, fontes d'água ou outra solução que permita a evaporação de água de forma direta no ambiente que se deseja resfriar (Figura 2.5) (LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 2014).

— **Zona de Aquecimento Solar**

Para a utilização desta estratégia, a edificação deve fazer uso de vedações externas envidraçadas, orientadas de forma a receber radiação solar e reduzir as aberturas nas orientações menos favoráveis. Pode-se também tirar proveito através da cor das fachadas (cores mais escuras possuem maior capacidade de absorção de calor), aberturas zenitais controladas, entre outros, assim como a implantação de vedações com alta inércia térmica, visando o aquecimento do espaço interno, durante as horas noturnas (Figura 2.5) (LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 2014).

— **Zona de Condicionamento Artificial com Isolamento Térmico**

Em climas muito severos, onde as estratégias passivas não são suficientes para obter o conforto térmico dentro das edificações, para

regiões quentes, recomenda-se o uso de ar-condicionado; já para as regiões muito frias, o uso de aquecimento artificial é adequado (Figura 2.5).

— Zona de Sombreamento

Mesmo que a Carta Bioclimática indique Conforto Térmico, se a temperatura do ar for superior a 20°C, deve ser aplicada a estratégia de Sombreamento, que pode ser feita através do uso de proteções solares externos ou brises, ou proteção interna (Figura 2.5) (LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 2014).

2.4.2 Métodos de Avaliação Bioclimática Utilizados pela Carta Bioclimática

Para a aplicação de estratégias bioclimáticas, é necessária a inserção de dados climáticos do local estudado na Carta Bioclimática. O ideal é o uso de valores horários do Ano Climático de Referência (TRY). Caso estes dados não estejam disponíveis, é possível também obter as estratégias através das Normais Climatológicas, que apresentam valores médios.

A avaliação através das Normais Climatológicas foi a utilizada para este trabalho. Desta forma, o item 2.4.2.1 apresenta maiores informações sobre o método.

2.4.2.1 Avaliação Bioclimática através das Normais Climatológicas

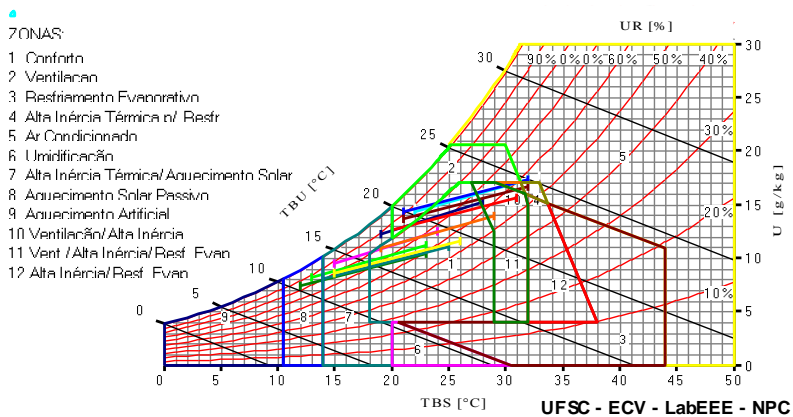
A Normal Climatológica de um determinado local é o valor médio correspondente a uma quantidade de anos suficiente para ser representativo do valor predominante daquele dado no local avaliado. A Organização Meteorológica Mundial (OMM) recomenda que os dados utilizados para a obtenção das Normais Climatológicas sejam os acumulados ao longo de 30 anos.

Assim, as Normais Climatológicas do local de estudo estão constituídas pelas seguintes variáveis climáticas:

1. Temperaturas Médias Máximas (°C);
2. Temperaturas Médias Mínimas (°C);
3. Temperaturas Médias (°C);
4. Umidades Relativas Médias (%);
5. Pressões Barométricas (hPa).

Assim, estas médias, uma vez plotadas na Carta Bioclimática, demonstram as estratégias bioclimáticas adequadas para os doze meses do ano (Figura 2.6).

Figura 2.6 - Carta Bioclimática.



Fonte: AnálisisBio.

3 METODOLOGIA

Esta pesquisa analisou edificações localizadas em Assunção/Paraguai, por meio de estudos de caso. Para a amostra do estudo, foram selecionadas edificações com mais de seis pavimentos e com diferentes usos, sendo dois de serviços e comercial, e dois de uso exclusivamente residencial. A escolha dos diferentes usos teve como objetivo estabelecer uma comparação entre as influências causadas pelo tipo de ocupação.

Desta forma, foram selecionados quatro prédios: dois com uma média de 35 anos de idade, localizados no centro históricos de Assunção, e dois com uma idade média de 7 anos, localizados a 1km, aproximadamente, do centro histórico de Assunção.

Foram analisadas características do envelope das edificações, tais como: elementos de proteção solar, área envidraçada e cor das fachadas, bem como a forma, os padrões de uso e ocupação de cada edifício, por meio de um questionário que também permitiu a coleta de informações sobre as atividades realizadas em seus ambientes, conforme descrito a seguir no subitem 3.1.

Da mesma forma, foram coletados dados climáticos e tempo de utilização dos equipamentos elétricos.

Atendendo à necessidade de obter dados mais específicos em relação ao clima de Assunção e às tipologias arquitetônicas adequadas para a cidade, o subitem 3.4 explica a elaboração da Carta Bioclimática da cidade de Assunção.

3.1 QUESTIONÁRIO

Para a obtenção de informações sobre o funcionamento geral das salas estudadas, foram aplicados questionários contendo perguntas sobre o

tipo de atividade realizada, número de pessoas que frequentam o local diariamente, tipos de equipamentos utilizados e seu tempo de uso aproximado.

O questionário foi entregue aos administradores das salas e moradores das residências no primeiro dia de monitoramento, e retirado no último dia. As respostas permitiram, entre outros pontos, uma observação geral sobre o modo de uso de equipamentos eletroeletrônicos e o peso de cada um deles no consumo total de energia elétrica dentro da sala. Essa informação pode indicar aos usuários quais equipamentos devem ser substituídos para provocar uma redução no consumo de energia elétrica (Apêndice A).

3.2 EQUIPAMENTOS PARA COLETA DE DADOS CLIMÁTICOS

3.2.1 HOBO Temp/RH

Para a obtenção de dados de temperatura e umidade relativas do ar, foram instalados nas edificações sensores modelo HOBO Temp/RH (Figura 3.1), que coletaram dados durante o período de 5 dias. O sensor HOBO possui 6 x 4.8 x 2 cm de dimensão e é capaz de armazenar um total de 7944 valores, operando em uma faixa de temperatura de -20°C a 70°C. Em relação à umidade relativa do ar, o sensor HOBO consegue captar dados que vão de 0 a 95% de umidade relativa.

As especificações do equipamento indicam que o sensor é bastante preciso, operando com uma precisão de erro de 1 minuto por semana (± 100 ppm em +20° C).

Figura 3.1 - HOBO Temp/RH - H08-003-02.



Fonte: Site Onset.

O sensor HOBO Temp/RH fez a coleta de dados de temperatura e umidade relativa interna e externa das edificações da amostra. Essas informações poderão indicar se as tipologias construtivas utilizadas na cidade de Assunção são adequadas para o clima do local, indicando assim, o comportamento térmico das envoltórias.

Para o monitoramento, os sensores, tanto os internos como os externos, foram programados para recolher dados a cada intervalo de 15 minutos, durante um período de 5 dias. Esse intervalo de tempo é suficiente para o estudo pretendido, pois em um período inferior a 15 minutos é pouco provável uma grande variação dos fatores ambientais. Da mesma forma, nesse intervalo programado, em 1 hora são obtidos quatro valores, o que é satisfatório para a obtenção da média horária.

Esses dados foram colhidos para a realização de comparações entre as variáveis climáticas internas e externas, o que permitiu uma visão superficial da influência do clima externo no espaço interno da edificação, assim como o desempenho das vedações como agentes filtradores das condições climáticas externas.

3.3 TEMPO DE UTILIZAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS

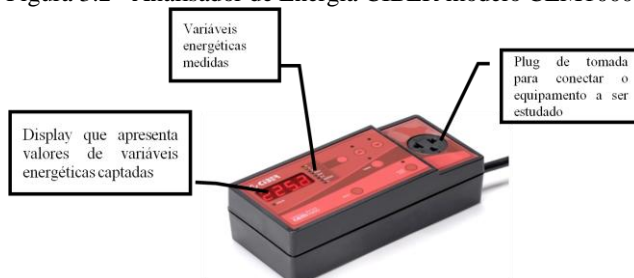
3.3.1 Analisador de Energia CIBER modelo CEM1000

O analisador de energia CIBER modelo CEM1000 (Figura 3.2) mede as principais grandezas elétricas de um sistema monofásico, por meio da ligação direta da carga (eletrônicos, eletrodomésticos, etc.) a um *plug* de tomada na parte frontal do aparelho. Para a medição, o equipamento analisado deve ser conectado ao analisador de energia que, por sua vez, deve ser ligado ao sistema elétrico da edificação.

O analisador realiza a medição de algumas variáveis do equipamento, entre elas: o consumo energético medido em kWh. De posse desse dado, a eficiência dos equipamentos, quanto ao consumo energético, pode ser verificada, assim como a carga térmica que eles adicionam ao ambiente.

Para a pesquisa, o tempo de monitoramento de cada aparelho eletroeletrônico foi definido em 10 minutos, pois os valores apresentados pelo analisador elétrico não são influenciados pelo tempo do ensaio, e sim pela forma de utilização do aparelho monitorado durante o período em questão. Assim, usando uma regra de três, foi obtido o valor do consumo horário e diário que o equipamento apresenta.

Figura 3.2 - Analisador de Energia CIBER modelo CEM1000.



Fonte: CIBER do Brasil.

Com os dados obtidos por meio desse aparelho, foi possível determinar a eficiência de alguns equipamentos em relação ao consumo de energia elétrica, assim como a carga térmica que estes transmitem ao meio interno. Esse último dado indica a influência que os equipamentos elétricos exercem sobre a temperatura interna da edificação.

3.4 CARTA BIOCLIMÁTICA DE ASSUNÇÃO

Visando determinar se a tipologia arquitetônica das edificações é adequada para o clima local, foi feita a Carta Bioclimática de Assunção. Através dos resultados, foram identificadas estratégias bioclimáticas indicadas para a cidade e, ao mesmo tempo, foi verificado se as edificações atendem ou não a essas recomendações.

Essa carta foi elaborada valendo-se do *software Analysis Bio*, desenvolvido por pesquisadores do LabEEE – Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, da Universidade Federal de Santa Catarina. Os resultados apresentados permitem obter estratégias de projeto apropriadas para melhor adaptação do edifício ao clima onde será implantado. O *software* indica as estratégias bioclimáticas a serem adotadas por meio da avaliação de dados climáticos plotados na Carta Bioclimática.

Para gerar a Carta Bioclimática de Assunção, foram inseridos no *software*, de forma manual, os dados das Normais Climatológicas da cidade, que constituem as seguintes variáveis climáticas:

1. Temperaturas Médias Máximas (°C);
2. Temperaturas Médias Mínimas (°C);
3. Temperaturas Médias (°C);
4. Umidades Relativas Médias (%);
5. Pressões Barométricas (hPa).

Dessa forma, a maioria das variáveis climáticas para a obtenção das Normais Climatológicas da cidade de Assunção foi obtida por meio de dados cedidos pela *Dirección de Meteorología e Hidrología (DINAC)* do Paraguai. Esses dados correspondentes aos anos de 1980 a 2010 proporcionaram as médias das temperaturas máximas, mínimas, médias mensais e umidade relativa; não foi possível, porém, conseguir as médias de pressão barométrica, sendo necessária, assim, a utilização de outra fonte de dados proporcionado pelo rp5.ru⁴, que disponibiliza dados climáticos de 243 países do mundo, entre os quais é possível obter os de Assunção – Paraguai. Assim, para a obtenção das médias de Pressão Barométrica (hPa), foram aplicados os valores dos últimos 5 anos dessa variável (de 2009 a 2014), que são os disponíveis no site. Apesar a dos valores de Pressão Barométrica terem sido obtidos apartir de uma base de dados de somente 5 anos, a variação demonstrada durante este período é reduzida, validadndo assim, a média encontrada, para ser utilizada na carta bioclimática. Finalmente, os dados foram organizados de forma a conseguir as médias solicitadas para a inserção na Carta Bioclimática.

Com as estratégias sugeridas pela Carta Bioclimática, poderão ser feitas comparações, verificando se a edificação analisada faz o uso de tal estratégia. Outra comparação importante que a carta possibilita é entre as variáveis das Normais Climatológicas (médias de 30 anos) e as coletadas para a pesquisa, verificando assim, a conformidade ou não entre os valores históricos e atuais.

⁴ Site que disponibiliza dados de 243 países obtidos através de estações meteorológicas terrestres pelo sistema de intercâmbio livre internacional de dados meteorológicos. Disponível em: <[http://rp5.ru/Archivo_de_tiempo_en_Assunci%C3%B3n_\(aeropuerto\)>](http://rp5.ru/Archivo_de_tiempo_en_Assunci%C3%B3n_(aeropuerto)>).

3.5 MONITORAMENTO

O presente projeto preliminar foi realizado em fevereiro de 2014. Na ocasião, foram instalados os sensores de temperatura e umidade relativas do ar nas edificações objetos de estudo, possibilitando o monitoramento e a coleta de dados ao longo de 5 dias, de 24 a 28 de fevereiro daquele ano.

Dois sensores HOBO fizeram a coleta simultânea dos dados de temperatura e umidade relativas do ar interno e externo de cada uma das edificações, sempre no terceiro pavimento, já que, segundo Romero (2000) e Martins (2008), a altura afeta a velocidade e a temperatura do ar (Figura 3.3).

Figura 3.3 - Sensor para coleta de dados externos.



Fonte: Autor.

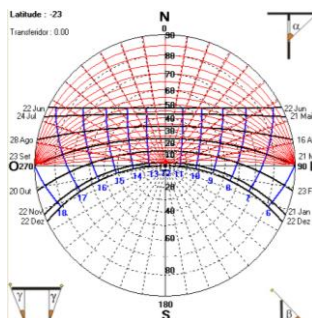
Durante o período de monitoramento, o clima apresentou instabilidade em alguns dias da semana. Para a obtenção de dados sobre a quantidade de chuva que caiu sobre a cidade de Assunção, foram conseguidos dados climáticos da estação meteorológica do aeroporto Silvio Pettirossi (localizada em Assunção e principal referência para coleta de dados climáticos), os quais indicaram que, durante a semana de monitoramento, o clima manteve-se instável. Essa informação auxiliou na justificação das oscilações das variáveis climáticas coletadas.

3.5.1 Localização de Sensores

Assunção se localiza, aproximadamente, na latitude e longitude $23^{\circ} 00$ S, $58^{\circ} 00$ W. De acordo com o *Atmospheric Science Data Center* da NASA, as médias anuais de radiação solar global horizontal variam entre $4,7 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{d})$, no hemisfério sul, e $5,1 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{d})$, no hemisfério norte. A faixa terrestre, onde se localiza a cidade de Assunção, apresenta um valor médio diário de $4,9 \text{ kWh}/\text{m}^2$, com uma oscilação entre $2,9 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{d})$ para o mês de junho e $6,6 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{d})$ para os meses de dezembro e janeiro.

A Figura 3.4 demonstra a trajetória do sol sobre a cidade de Assunção ao longo do ano, evidenciando uma incidência solar maior na orientação Norte e ao Sul somente durante as primeiras horas do período vespertino e as últimas do período matutino. A orientação noroeste também recebe radiação solar praticamente constante ao longo do ano; dessa forma, os sensores para a captação de dados internos de temperatura e umidade relativas do ar foram colocados em salas do terceiro pavimento, implantados na fachada noroeste da edificação e de forma protegida de qualquer intervenção dos usuários do local. Da mesma forma, os sensores externos foram instalados na parte exterior do mesmo pavimento, na fachada noroeste de cada edificação, protegidos da radiação solar direta.

Figura 3.4 - Carta Solar de Assunção.



Fonte: Software SOL-AR 6.2.

3.6 EDIFICAÇÕES MONITORADAS

3.6.1 Primeiro Grupo – Edificações Localizadas no Centro Histórico de Assunção

As edificações apresentadas a seguir estão implantadas relativamente próximas entre si e se localizam no centro histórico de Assunção (Figura 3.5). Como a maioria das construções típicas da zona, as edificações do estudo foram inauguradas há mais de duas décadas e abrigam mais de um tipo de atividade.

Figura 3.5 - Localização dos edifícios do primeiro grupo.



Fonte: Adaptação Google Earth, 2013.

3.6.1.1 Edifício Líder IV

O Edifício Líder IV situa-se no centro histórico da cidade de Assunção e é de uso misto (comercial e de serviços). As Figuras 3.6 e 3.7 exibem o formato da fachada da edificação e a Tabela 3.1 descreve as principais características da edificação.

O ambiente monitorado nesta edificação apresenta somente a fachada noroeste sem sombreamento. As vedações opacas foram

construídas com blocos cerâmicos de 8 furos, assentados na sua menor dimensão, revestidos com argamassas em ambas as faces, totalizando uma espessura de, aproximadamente, 15 cm.

O ambiente, com 2,80 m de pé-direito, possui piso cerâmico sobre laje intermediária. As vedações envidraçadas, com peitoril de 1,00cm e altura de 1,50m, possuem esquadria metálica pintada na cor cinza e vidro com película absorvente na cor preta, protegidos internamente através de persianas. Já as vedações opacas externas apresentam a cor cinza escuro e a estrutura aparente, cinza claro.

Figura 3.6 - Fachada principal Edifício Líder IV




Fonte: Autor.

Figura 3.7 - Fachada Edifício Líder IV



Fonte: Autor.

Tabela 3.1 - Características do Edifício Líder IV.

Características gerais	
Endereço	Estrella e Juan E. O'Leary
Tipo de uso	Serviços
Nº de pav.	29
Nº de pav. tipo	20
Altura do Edifício	93,50 m
Nº de salas por pav. tipo	8
Área média de cada sala	50.00 m ²
Área de cada pavimento	Pavimento térreo = 594.00 m ² 1º e 2º pavimento = 396.00m ² Do 3º ao 29º pavimento = 324.00 m ²
Nº de pav. no subsolo	2
Pé-direito (m):	2.90m
Área total do edifício	10.800 m ²
Ano de início de ocupação	1983
Características construtivas gerais	
Estrutura	Concreto armado
Lajes	Laje entre pavimentos em concreto armado
Paredes externas	Tijolo cerâmico de 8 furos, total de espessura= 15 cm.
Revestimento	Argamassa com areia, cal e cimento. Pintura na cor cinza
Esquadrias	Metálica, vidros de 4 mm de espessura
Projetista	-----
Construtor	Goldenberg Perello
Orientação da fachada principal	 <p>A fachada principal da edificação está voltada para o sudoeste.</p>

Fonte: Elaboração do autor.

3.6.1.2 Edifício Ybaga

Nesta edificação, a sala estudada é ocupada por um dos setores do Ministério da Fazenda do Paraguai (*Ministério de Hacienda – Subsecretaria*

de Estado de Economia), desta forma, constitui um espaço de órgão público, com mais de 10 funcionários e considerável tráfego de visitantes.

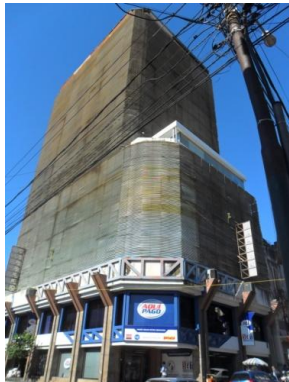
Localizado também no centro histórico de Assunção, apresenta um entorno imediato muito adensado e com pouca ou nenhuma vegetação. Inaugurado há mais de 40 anos e construído com blocos cerâmicos, assentados na sua maior dimensão e revestido com argamassa em ambas as fases, as paredes totalizam uma espessura de 25 cm, aproximadamente.

A edificação apresenta fachadas protegidas com brises horizontais metálicos, projetados, principalmente, para proteção contra radiação solar, porém esta estratégia que também poderia oferecer grande capacidade de reflexão, tanto dos raios solares, assim como da radiação térmica proveniente do seu entorno, não é totalmente aproveitada, pois a falta de manutenção dos brises retirou a superfície polida do metal, transformando-o em um pano acinzentado opaco, característica que, em relação à absorção, não contribui para a diminuição do calor absorvido pela vedação (Figura 3.8 e 3.9).

O ambiente analisado nesta edificação está orientado ao noroeste e possui janelas em fita com peitoril de 40 cm e altura de 2,10 m, que permaneceram fechadas durante o período de monitoramento, evitando assim, o uso de ventilação natural e iluminação natural, através do uso de persianas internas.

A Tabela 3.2 lista algumas características importantes para a avaliação da edificação.

Figura 3.8 - Fachada principal




Fonte: Autor.

Figura 3.9 - Fachada lateral



Fonte: Autor.

Tabela 3.2 - Características do Edifício Ybaga.

Características gerais	
Endereço	Presidente Franco esq. Nuestra Señora de la Asunción
Tipo de uso	Serviços
Nº de pav.	14
Nº de pav. tipo	do 1º ao 4º o mesmo tipo de pavimento e do 5º ao 14º outro pavimento tipo.
Altura do Edifício	60,00 m aproximadamente
Nº de salas por pav. tipo	3
Área média de cada sala	120,00 m ²
Área de cada pavimento	360 m ² aproximadamente
Nº de pav. no subsolo	0
Pé-direito (m):	2.80m
Área total do edifício	5056 m ²
Ano de início de ocupação	1973
Características construtivas gerais	
Estrutura	Concreto armado
Lajes	Laje entre pavimentos em concreto armado
Paredes externas	Tijolo cerâmico de 8 furos, total de espessura= 25 cm.
Revestimento	Argamassa mista com acabamento em tinta na cor branca.
Esquadrias	Metálica, protegida por brises horizontais.
Projetista	-----
Construtor	-----
Orientação da fachada principal	 <p>A fachada principal da edificação está voltada para o noroeste.</p>

Fonte: Elaboração do autor, 2013.

3.6.2 Segundo Grupo – Edificações Localizadas a 1 km do Centro Histórico de Assunção

O segundo grupo, localizado em uma área mais residencial que o centro histórico de Assunção, está composto por duas edificações, com uma média de anos de uso igual a 7, e apresentam tipologia arquitetônica contemporânea (Figura 3.10).

Figura 3.10 - Localização de edificações do segundo grupo.



Fonte: Adaptação Google Earth, 2013.

3.6.2.1 Edifício Fortaleza III

Instalado em uma área mais residencial e arborizada, esta edificação, inaugurada há 5 anos, é de caráter residencial e apresenta uma tipologia arquitetônica contemporânea.

Com fachadas na cor branca e poucas vedações envidraçadas, o ambiente analisado constitui uma sala de estar orientada ao noroeste, com piso cerâmico sobre laje e pé-direito de 2,80 m. O espaço possui uma porta de correr de 1,5 x 2,10 m (acesso à sacada) e uma janela de 1,50 x 1,00 m, com peitoril de 1,20 m. As vedações opacas estão constituídas por tijolo de

oito furos, assentados na sua menor dimensão, com argamassa em ambas as fases, totalizando 14 cm de espessura.

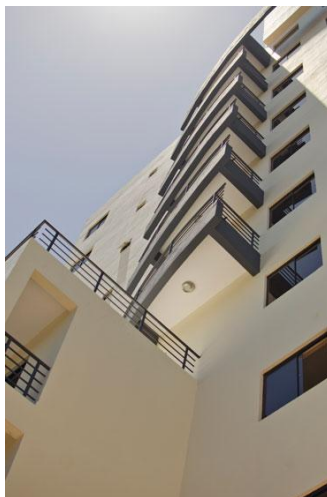
As Figuras 3.11 e 3.12 ilustram a fachada do edifício Fortaleza III. Já a Tabela 3.3 lista algumas características importantes para a avaliação da edificação.

Figura 3.11 - Vista Edifício Fortaleza III




Fonte: abc color

Figura 3.12 - Vista Edifício



Fortaleza III. Fonte: abc color.

Tabela 3.3 - Características do Edifício Fortaleza III.

Características gerais	
Endereço	Juan E. O' Leary esquina Milano
Tipo de uso	Habitação
Nº de pav.	9
Nº de pav. tipo	8
Altura do Edifício	28 m aproximadamente
Nº de salas por pav. tipo	2
Área média de cada sala	----
Área de cada pavimento	----
Nº de pav. no subsolo	1
Pé-direito (m):	2,70 m
Área total do edifício	----
Ano de início de ocupação	2010
Características construtivas gerais	
Estrutura	Concreto armado
Lajes	Laje entre pavimentos em concreto armado
Paredes externas	Tijolo cerâmico de 8 furos, total de espessura= 15cm.
Revestimento	Argamassa mista com acabamento em tinta na cor branca
Esquadrias	Metálica
Projetista	----
Construtor	Fortaleza, inversión y ahorro en inmuebles
Orientação da fachada principal	 <p>A fachada principal da edificação está voltada para o noroeste.</p>

Fonte: Elaboração do autor, 2013.

3.6.2.2 Edifício Figueiras

Localizado também em uma área menos adensada que o centro histórico de Assunção e consideravelmente mais arborizada, o edifício Figueiras é de caráter residencial e a unidade analisada é ocupada por uma única moradora.

Construída com tijolos de oito furos, assentados na sua menor dimensão e com argamassa em ambas as faces, totalizando 14 cm de espessura, externamente, a edificação apresenta fachadas na cor bege e algumas áreas na cor vinho (Figura 3.13). As vedações em vidro, na sua maior parte, estão protegidas internamente através de cortinas e, externamente, através do sombreamento dos elementos arquitetônicos da própria fachada (sacadas).

A Tabela 3.4 lista algumas características importantes para a avaliação da edificação.


Figura 3.13 - Edifício Figueiras



Fonte: *abcolor*, 2013.

Nesta edificação, foi analisada a sala da residência, que esteve fechada e sem usuários durante o monitoramento, pois a única moradora relata passar o dia fora de casa, e quando se encontra na residência, pouco faz o uso da sala de estar.

Tabela 3.4 - Características do Edifício Figueiras.

Características gerais	
Endereço	14 de mayo, entre as ruas Roma e Sicília
Tipo de uso	Serviços e habitação
Nº de pav.	11
Nº de pav. tipo	do 1º ao 4º o mesmo tipo de pavimento e do 5º ao 14º outro pavimento tipo.
Altura do Edifício	35 m
Nº de salas por pav. tipo	pavimentos pares =3 sala pavimentos ímpares=2 salas
Área média de cada sala	-----
Área de cada pavimento	Primeiro Pavimento: 285,92 m ² Segundo Pavimento: 542,11 m ² Terceiro Pavimento: 380,10 m ² Quarto Pavimento: 505,81 m ² Quinto Pavimento: 380,10 m ² Sexto Pavimento: 553,77 m ² Sétimo Pavimento: 327,53 m ² Oitavo Pavimento: 556,37 m ² Nono Pavimento: 373,93 m ² Décimo Pavimento: 464,38 m ²
Nº de pav. no subsolo	2
Pé-direito (m):	2,50 m
Área total do edificio	4370,00 m ²
Ano de início de ocupação	2002
Características construtivas gerais	
Estrutura	Concreto armado
Lajes	Laje entre pavimentos em concreto armado
Paredes externas	Tijolo cerâmico de 8 furos, total de espessura= 15 cm.
Revestimento	Argamassa mista com acabamento em tinta na cor vinho
Esquadrias	Metálica
Projetista	Arquiteto Ubaldo Figueiredo
Construtor	Symaq
Orientação da fachada principal	 <p>A fachada principal da edificação está voltada para o sudeste.</p>

Fonte: Elaboração do autor, 2013.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 CARTA BIOCLIMÁTICA DE ASSUNÇÃO

Com os dados climáticos de um período de 30 anos (de 1980 a 2010), foi obtida a Carta Bioclimática da Cidade de Assunção (Figura 5.1), por meio da qual foi possível observar que a cidade se encontra em conforto durante 52,69% do ano, concentrando-se essa porcentagem, principalmente, nos meses de maio, agosto, setembro, outubro e novembro.

O desconforto por calor, sentido em 30,91% do ano, se apresenta, principalmente, nos meses de janeiro, fevereiro, março e dezembro. Durante o restante do ano, a cidade tem uma baixa porcentagem de desconforto por causa do frio (16,49%), que ocorre de forma mais frequente nos meses de junho e julho.

As estratégias bioclimáticas mais apontadas pela carta são Ventilação, Ventilação/Alta Inércia Térmica/Resfriamento Evaporativo e Ar-condicionado, para evitar desconforto causado por calor, e Aquecimento solar passivo/Alta Inércia Térmica e Aquecimento Solar Passivo, para amenizar os efeitos do frio sobre o desconforto térmico (Figura 4.1).

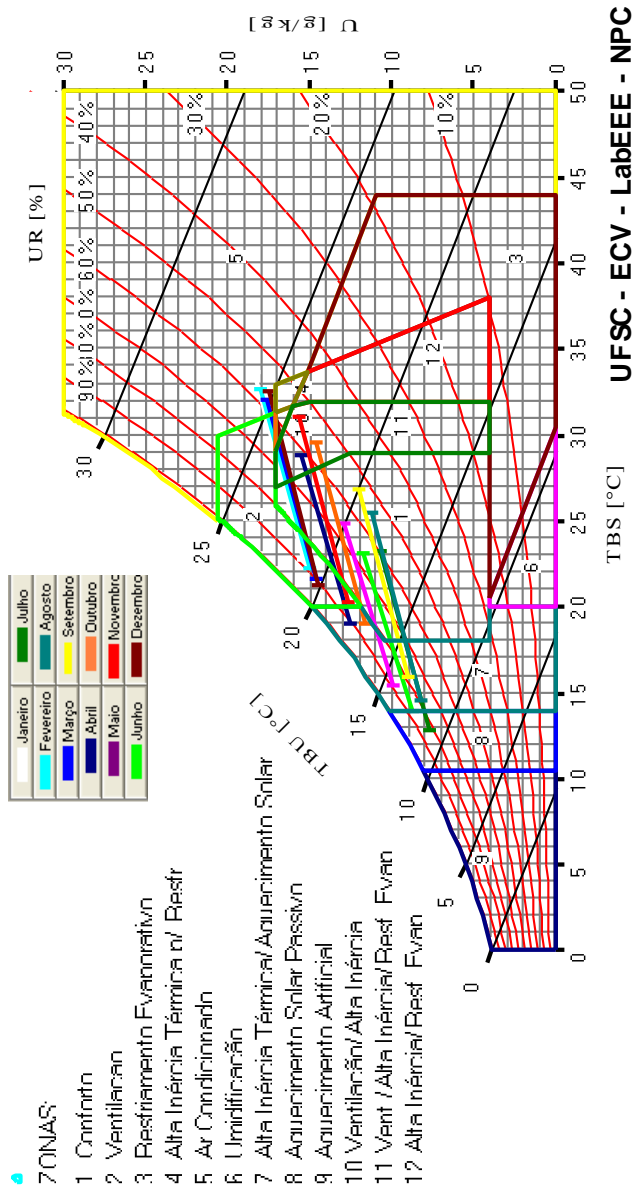


Figura 4.1 - Carta Bioclimática de Assunção. Fonte: Software Analysis Bio.

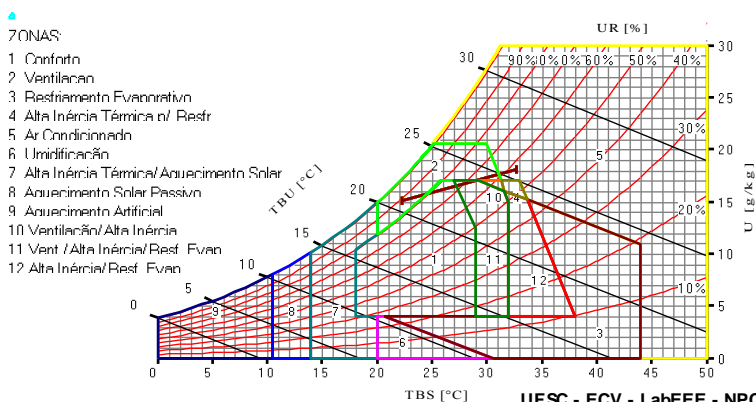
Neste trabalho, o monitoramento das variáveis climáticas foi realizado no mês de fevereiro. Desta forma, objetivando uma comparação entre os dados climáticos históricos e os coletados em 2014, as características do mês de fevereiro serão melhor exploradas através da Carta Bioclimática.

Assim, Segundo a Carta Bioclimática, fevereiro é um mês que permanece durante 26,61% em conforto, apresentando assim, uma alta porcentagem (73,39%) de desconforto por causa do calor.

Na Figura 5.2, o mês de fevereiro está representado pela linha na cor bordô, demonstrando a pequena parcela do mês que está em conforto térmico e a grande parte que requer estratégias de *Ventilação, Ar-condicionado, Ventilação/Alta Inércia/Resfriamento Evaporativo e Ventilação/Alta Inércia*.

Assim, fevereiro necessita de Ventilação, 38,57% do mês, Ar-condicionado, 15,56%, Ventilação/Alta Inércia, 1,13% e Ventilação/Alta Inércia/Resfriamento Evaporativo, 18,13% (Figura 4.2).

Figura 4.2 - Estratégias indicadas pela Carta Bioclimática para o mês de Fevereiro



A tabela 4.1 apresenta a Normal Climatológica correspondente ao mês de fevereiro. Estes dados caracterizam o comportamento climático do mês de fevereiro, ao longo de 30 anos.

Tabela 4.1 - Normal Climatológica do mês de fevereiro.

Temperaturas médias máximas (°C)	Temperaturas médias mínimas (°C)	Temperaturas médias (°C)	Umidades relativas médias (°C)
32,7	22,3	26,6	74,7

Fonte: Autor.

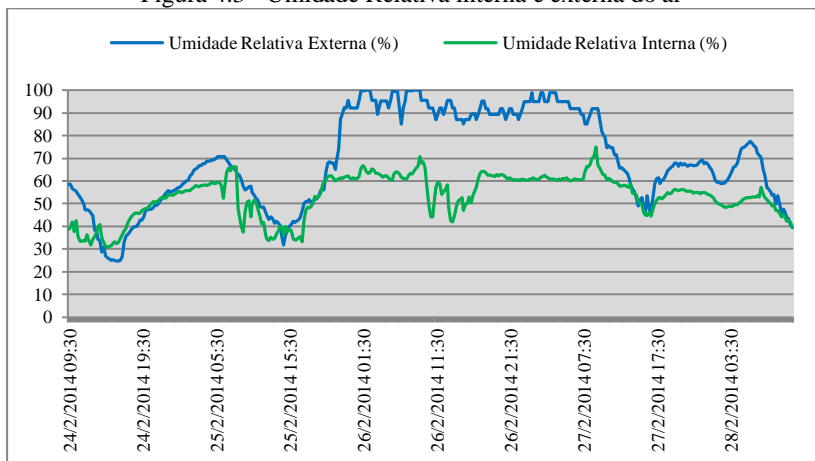
4.2 RESULTADOS DOS MONITORAMENTOS

4.2.1 Edifício Líder IV

O ambiente estudado nessa edificação é um escritório de administração, com um espaço de trabalho “vedado”, ou seja, com pouca ou nenhuma incidência direta de variáveis climáticas externas através das esquadrias.

As variáveis climáticas medidas na edificação receberam considerável influência das precipitações presentes no terceiro e quarto dia de monitoramento. A figura 4.3 indica uma elevada umidade relativa do ar, nos dias 26 e 27/02/2014, o que também influenciou na baixa da temperatura de ar.

Figura 4.3 - Umidade Relativa interna e externa do ar

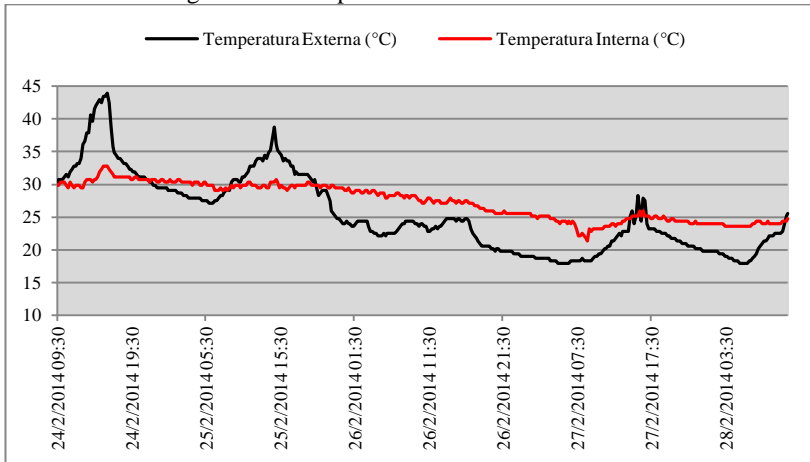


Fonte: Autor.

Os dados de temperatura interna e externa coletados entre às 09h30min, do dia 24 de fevereiro de 2014, e 12h, do dia 28 de fevereiro de 2014, são demonstrados na figura 4.4.

A umidade relativa interna, durante alguns períodos, ultrapassou o valor máximo de 60% recomendado para um ambiente salubre. Desta forma, em relação aos níveis de umidade relativa do ar, Sookchaiya, Monyakul e Thepa (2010) afirmam que, na maioria dos casos, os efeitos contraproducentes causados à saúde pela umidade relativa podem ser minimizados, mantendo o espaço interno com valores de umidade relativa de ar em uma faixa de 40 a 60%.

Figura 4.4 - Temperatura interna e externa do ar



Fonte: Autor.

Durante o período de medição, a figura 4.4 demonstra que os dias 24 e 25/02/2014 apresentaram semelhança entre os valores de temperatura externa coletados; já os dias 26, 27 e 28/02/2014 receberam influência das precipitações mencionadas. Desta forma, escolheu-se o dia 25/02/2014 como “dia de referência” para a edificação Líder IV. Este dia será analisado visando a determinação do atraso térmico da vedação.

No geral, os valores de temperatura interna de ar, coletados durante o monitoramento, são elevados e inadequados para um ambiente confortável.

4.2.1.1 Desempenho Térmico do Ambiente

O dia de referência escolhido para análise do atraso térmico do edifício Líder IV foi 25/02/2014, por apresentar este, todos os dados de variáveis climáticas de todos os horários do dia, começando às 0h00min e finalizando às 23h59min. Outro fator para a escolha foi a ausência de

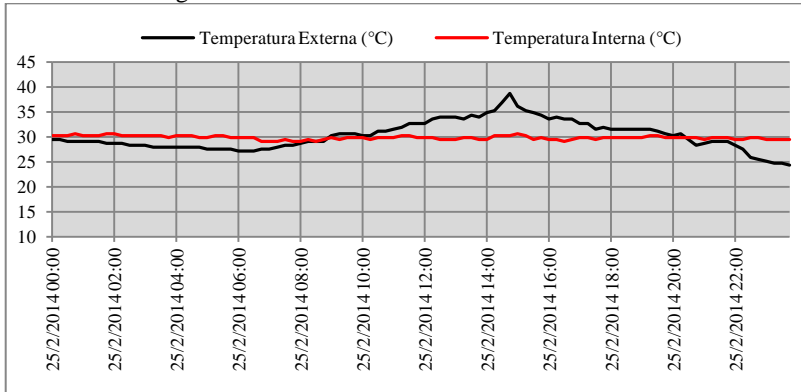
precipitações, que poderiam alterar consideravelmente os dados coletados, como foi percebido nos dias que seguem após este dia.

É importante apontar que a análise de atraso térmico realizada a seguir será considerando o uso de condicionamento artificial, pois o monitoramento foi realizado sob as condições de uso normal da sala.

De acordo com a figura 4.5, o pico da temperatura externa se deu às 14h45min, com 38,8°C, em um horário bastante aproximado, a temperatura interna apresentou seu valor máximo do dia às 15h, com 30,7°C. Assim, observa-se um espaço de tempo de 15 minutos entre os valores máximos de temperatura externa e interna, observando assim, a rápida influência da temperatura externa sobre a interna.

Outro dado interessante consiste em que, exatamente às 08h30min (após o acionamento do sistema de condicionamento artificial, às 08h aproximadamente), os valores de temperatura de ar interna e externa apresentam os mesmos valores (29,1°C) e, a partir deste ponto, a temperatura externa começa sua ascensão, atingindo o pico às 14h45min e logo descendendo gradualmente até o fim do dia. Já a temperatura interna, por sofrer influência do condicionamento artificial, após 08h30min, se mantém constante, apresentando mínimas variações. Assim, notou-se que, sem o condicionamento artificial, o ambiente interno apresentaria valores de temperatura de ar ainda mais acentuados e inadequados para o ambiente de trabalho do que os observados.

Figura 4.5 - Dia de Referência - Edifício Líder IV



Fonte: Autor.

4.2.1.2 Comparação de Dados Obtidos e Carta Bioclimática

Na Tabela 4.2 podem ser observados os dados históricos através da Normal Climatológica correspondente ao mês de fevereiro. Com valores bastante semelhantes, as médias observadas durante a coleta realizada em fevereiro de 2014 podem ser visualizadas na tabela 5.2. Observa-se uma maior diferença somente entre os valores de umidade relativa que, segundo a Normal Climatológica, é mais elevada. Isto é largamente justificável, pois neste estudo o período de tempo de coleta de dados foi vastamente inferior.

Em relação à temperatura interna coletada na edificação, os resultados indicam uma mínima variação, com valores constantes influenciados pelo uso do ar-condicionado. Segundo a Carta Bioclimática, o mês de fevereiro solicita o uso de ar-condicionado somente durante 15,5% do mês; porém, os usuários relataram o uso constante do condicionamento artificial neste mês, pois as condições de conforto sem o uso do equipamento, segundo eles, são extremamente inadequadas e prejudiciais para as atividades. A carta também indica que as edificações de Assunção requerem ventilação durante 38,6% do mês de fevereiro, o que não é

cumprido na edificação, pois não é feito o uso mínimo de qualquer tipo de ventilação.

Além destas estratégias, a carta recomenda também o uso combinado de Ventilação, Alta Inércia Térmica e Resfriamento Evaporativo para 18,1% do mês, para amenizar o desconforto por calor. Estas estratégias também não são aplicadas na edificação.

Tabela 4.2 - Médias de dados climáticos coletados durante a pesquisa:

Temperatura média máxima (°C)	Temperatura média mínima (°C)	Temperatura média (°C)	Umidade relativa média (°C)
32,3	21,8	25,5	69,4

Fonte: Autor.

Além de não fazer o uso das estratégias bioclimáticas recomendadas pela carta, a edificação apresenta características que constituem estratégias que, segundo a carta bioclimática, são contrárias à obtenção de conforto térmico, no mês de fevereiro, na cidade de Assunção. A tipologia arquitetônica do edifício Líder IV apresenta grande parte de suas fachadas com vedação transparente sem proteção solar externa, permitindo a incidência solar direta sobre o vidro, o que constitui uma estratégia de aquecimento solar passivo, pois grande parte da radiação solar que atinge as partes envidraçadas é transmitida diretamente ao ambiente interno. Uma pequena parcela é refletida e outra parte absorvida, logo emitida ao espaço interno. Esta característica dos elementos envidraçados constitui um problema ainda maior tratando-se da sala estudada, pois a radiação que atinge o espaço interno, através dos elementos envidraçados, não é capaz de retornar ao espaço externo através do vidro e deveria ser retirada através de ventilação natural, estratégia que não é minimamente aplicada pela edificação, criando assim, um espaço interno aquecido e com alta necessidade de condicionamento artificial.

4.2.1.3 Características Construtivas e suas Influências no Espaço Interno

Da radiação solar total que incide sobre a as vedações opacas da edificação, uma parcela é refletida e outra absorvida. A fração absorvida é transformada em calor e é proporcional à capacidade de absorvância da superfície. Já a parcela refletida é determinada pela refletância da face. Por serem os principais tipos de revestimentos utilizados na construção civil, as tintas imobiliárias exercem papel fundamental na absorção de radiação solar e, portanto, também no desempenho térmico e energético das edificações (DORNELLES e RORIZ, 201-?).

Dessa forma, a cor cinza que a fachada do edifício Líder IV exhibe não favorece a criação de ambientes internos termicamente confortáveis, pois essa coloração apresenta grande capacidade de absorção de calor. Dornelles, Caram e Sichieri (2013), em estudo realizado sobre absorvância solar de tintas, analisaram algumas variedades da cor cinza, dentre as quais duas são bastante aproximadas da cor da fachada do Edifício Líder IV, onde essas variedades apresentaram absorvância entre 72% e 76,8%.

Na pesquisa realizada por Ghisi et al. (2006), a cor cinza foi a predominante nas fachadas de 35 edificações de escritório da cidade de Florianópolis, apresentando refletância média de 37,55%.

Inaugurado há mais de 30 anos e construído com blocos cerâmicos, assentados na sua menor dimensão, totalizando uma espessura de aproximadamente 15 cm, o espaço interno do edifício Líder IV apresenta um ambiente com pouca interferência das variáveis ambientais externas, pois utiliza constantemente sistemas de condicionamento artificial, mantendo as janelas permanentemente fechadas. Assim, o espaço não recebe ventilação/iluminação naturais, pois as persianas impedem a entrada de luz solar, essenciais para um ambiente salubre. Isso porque a ventilação natural, essencial para a renovação de ar e para a retirada da energia térmica

proveniente, principalmente, das vedações envidraçadas, não é utilizada, criando assim, um ambiente de trabalho mais aquecido nas horas de maior radiação solar, pois a energia adquirida através do vidro será em parte absorvida e logo irradiada pelos materiais que se encontram no ambiente, e parte será refletida. Esta refletida é em forma de radiação infravermelha que, por apresentar um grande comprimento de onda, não consegue atravessar o vidro para retornar ao espaço externo, ficando assim aprisionada dentro do ambiente.

Assim, a tipologia arquitetônica da edificação apresenta fachada envidraçada em grande parte, o que constitui uma estratégia de aquecimento solar passivo que, segundo a Carta Bioclimática, não é recomendada para as condições climáticas do mês de fevereiro.

4.2.1.4 Consumo de Energia Elétrica

A aplicação do questionário que abrange assuntos sobre atividades realizadas no local, períodos de funcionamento, tipos e quantidade de equipamentos, entre outros, indicou o consumo elétrico aproximado do espaço de trabalho.

O espaço estudado abriga um escritório administrativo com cinco funcionários e o chefe, além de oito pessoas, em média, que visitam a sala durante os períodos matutino e vespertino. O funcionamento é de segunda a sexta-feira, das 08h às 18h.

Na Tabela 4.3, podem-se visualizar os equipamentos utilizados no escritório e o tempo de uso aproximado de cada um.

Tabela 4.3 - Equipamentos.

Equipamentos	Quantidade	Horas de uso por dia
Ventilador	3	8
Lâmpada fluorescente	8	8
Ar-condicionado	3	8
Computador	6	8
Impressora	4	8
Fax	1	24
Geladeira	1	24
Cafeteira	1	1
Micro-ondas	1	3

Fonte: Autor.

Objetivando indicar o consumo elétrico de alguns equipamentos, o analisador de energia CEM1000 foi aplicado em quatro deles - ventilador, computador, geladeira e micro-ondas — pois estes estavam em uso, durante o período de monitoramento; já os dados de consumo dos demais equipamentos, foram obtidos através da “Tabela de estimativa de consumo médio mensal de eletrodomésticos, de acordo com um uso hipotético”, disponibilizada pelo Procel/Petrobrás (Tabela 4.4).

Tabela 4.4 - Consumo de equipamentos analisados

Equipamento	Idade do equipamento	Consumo por hora (kWh)	Horas de uso por dia	Consumo total diário (kWh)	Consumo total mensal (kWh)
Ventilador	2 anos	2,16	8	17,28	64,8
Lâmpada Fluorescente	...	0,025	8	0,2	6
Ar-condicionado	...	1,45	8	11,6	348
Computador	4 anos	0,063	8	0,504	15,12
Impressora	3 anos	0,001875	8	0,015	0,45
Fax	...	0,003	24	0,072	2,16
Cafeteira	3 anos	0,22	1	0,22	6,565
Geladeira	15 anos	0,12	24	2,88	86,4
Micro-ondas	9 anos	1,44	3	4,32	129,6

Fonte: Autor.

Se considerarmos que, segundo tabela disponibilizada pela Eletrobrás, geladeiras mais modernas e eficientes, do mesmo porte, formato e tamanho que a analisada, gastam em média 45 kWh de eletricidade mensalmente, o gasto energético da geladeira utilizada no escritório de administração é bastante alto. Assim, uma substituição do equipamento por outro mais moderno e eficiente influenciaria na redução de consumo.

Da mesma forma, o forno micro-ondas também possui um alto consumo de energia elétrica, que é de 129,6 kWh por mês. Segundo a Eletrobrás, um equipamento similar, mais eficiente, gasta 108 kWh de eletricidade por mês. Dessa forma, pode ser percebido que alguns equipamentos analisados são ineficientes, o que colabora para o uso irracional da eletricidade no escritório administrativo.

4.2.1.5 Ganho Térmico do Ambiente

Segundo Carlo (2008), o consumo de energia é o reflexo da carga térmica interna do ambiente que pode, ao mesmo tempo, determinar as relações de conforto no ambiente. Assim, a carga térmica originária dos equipamentos utilizados dentro do espaço contribui intensamente para o maior consumo dos aparelhos de ar-condicionado.

No ambiente estudado, encontram-se somente alguns equipamentos listados nas tabelas 5.3 e 5.4, que são: 1 ventilador, 1 geladeira, 1 cafeteira, 1 micro-ondas, 1 computador, 1 lâmpada fluorescente e 1 ar-condicionado. É importante destacar que para o cálculo da carga térmica a ser retirada do ambiente, não será considerado o aparelho de ar-condicionado, pois este possui o motor instalado ao lado de fora da edificação.

Assim, considerando o volume do ambiente, a carga térmica aportada pelos equipamentos, a característica dos fechamentos e a quantidade de ocupantes, foi calculada a quantidade de calor latente e calor

sensível que é necessário retirar do ambiente. Desta forma, foram encontrados mais de 25.230 BTU/h de carga térmica total dentro do ambiente analisado.

Assim, o constantemente elevado valor da temperatura interna justifica-se, pois o ambiente possui um aparelho de ar-condicionado de 12.000 BTU. Desta forma, não apresenta capacidade para a retirada de calor produzido e absorvido, causando assim, que os usuários sejam submetidos a temperaturas de ar acima dos recomendados para o período de expediente.

4.2.1.6 Análise Conclusiva da Edificação

O ambiente estudado é altamente dependente do sistema de condicionamento artificial, pois não faz o aproveitamento de variáveis climáticas externas, que poderiam diminuir o consumo energético através da redução do uso do ar-condicionado. A dependência do ar-condicionado poderia ser evitada ou diminuída através do uso de ventilação natural, quando as variáveis externas estão favoráveis, estratégia que faria a redução da carga térmica produzida e absorvida pelo ambiente.

As vedações envidraçadas constituem uma estratégia de aquecimento solar passivo, o que colabora intensamente e de forma desfavorável, pois causa o aquecimento do ambiente através da incidência direta da radiação. Porém, esta estratégia contraria o bom desempenho térmico da edificação para o verão. Poderia ser amenizada com o uso de proteção solar externa (toldos ou brises) que, apesar de modificar a concepção arquitetônica, causaria uma forte diminuição da absorção de calor, através das fachadas envidraçadas.

Em relação aos equipamentos elétricos, foi verificado que estes não são os maiores causadores do acúmulo de calor dentro do ambiente, pois apesar de sua contribuição térmica, observou-se que o ambiente realiza

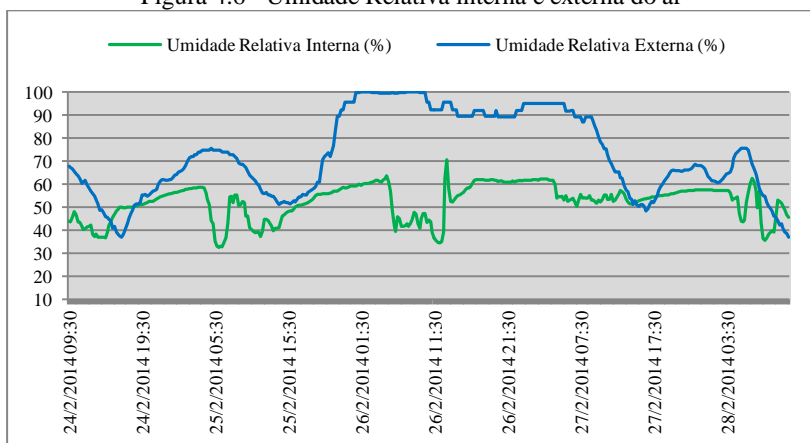
desperdício de energia para a refrigeração, através da absorção de calor das vedações translúcidas e a falta de uso de ventilação natural para a retirada deste calor.

4.2.2 Edifício Ybaga

A figura 4.6 traz os dados da umidade relativa do ar coletados de forma interna e externa no Edifício Ybaga. Nota-se o drástico aumento dos valores nos dias 26 e 27/02/2014, devido à presença de precipitações de chuva nas horas noturnas do dia 25/02/2014.

Assim como observado no edifício Lider IV, os valores de umidade relativa interna do ar, no espaço interno, estiveram acima do limite de 60% recomendado, durante alguns períodos do monitoramento. Já a temperatura de ar interna, apresentou valores mais contidos, mantendo-se dentro de faixas aceitáveis para a criação de ambientes confortáveis.

Figura 4.6 - Umidade Relativa interna e externa do ar

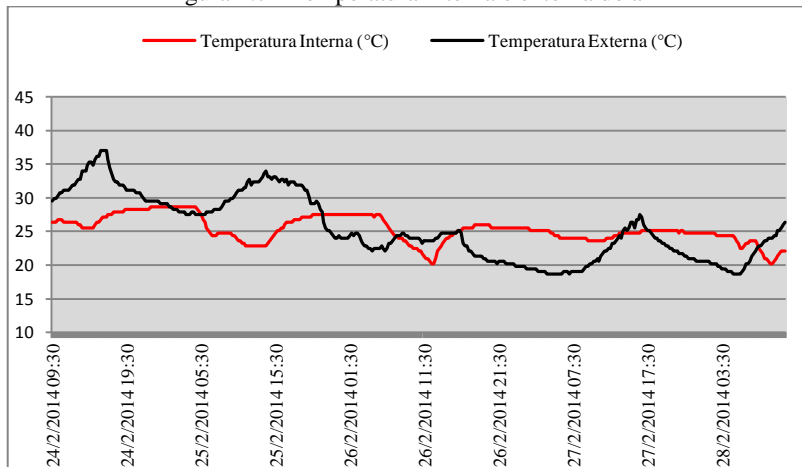


Fonte: Autor.

Segundo a figura 4.7, somente os dois primeiros dias de monitoramento não foram influenciados pela alta da umidade relativa do ar.

Desta forma, o dia 25/02/2014 foi escolhido como dia de referência para a análise de atraso térmico, pois neste foram colhidos dados das 0h00min às 23h59min, diferente do dia 24/02/2014, que apresenta dados somente a partir da 09h30min.

Figura 4.7 - Temperatura interna e externa do ar



Fonte: Autor

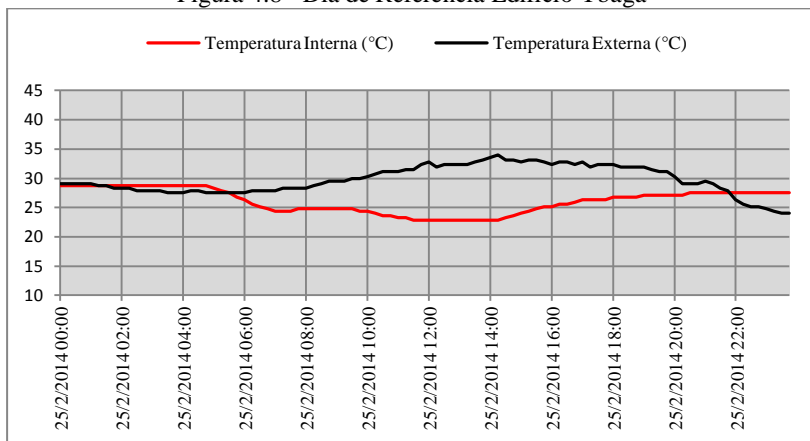
4.2.2.1 Desempenho Térmico do Ambiente

O dia de referência para análise do edifício Ybaga foi 25/02/2014, por apresentar todos os valores a partir das 0h00min até às 23h59min, e pela ausência de precipitações durante o período de expediente. Neste dia, houve precipitação de chuva somente no final do período vespertino, influenciando assim, somente nos valores de temperatura e umidade dos últimos dias de monitoramento (Figura 4.8).

Nesta edificação, geralmente, o sistema de condicionamento artificial é ativado às 05h30min e desligado às 18h, porém, no terceiro, quarto e quinto dia de monitoramento, este horário variou, pois as primeiras horas da manhã apresentaram temperatura externa e interna amenas,

consideradas adequadas para os usuários, sendo ativado o sistema artificial somente após a elevação da temperatura acima das faixas confortáveis.

Figura 4.8 - Dia de Referência Edifício Ybaga



Fonte: Autor.

A análise a seguir será realizada considerando que o ambiente estava sob a influência do sistema de condicionamento artificial. Assim, segundo a figura 4.8, no dia 25/02/2014, durante o período de expediente, o pico da temperatura externa do ar se deu às 14h45min, com 34,5°C; já o ambiente interno, apresentou seu maior valor de temperatura do ar às 18h (momento aproximado de desligamento do sistema de condicionamento artificial), com 26,7°C. Desta forma, observa-se um atraso térmico do ambiente de 3 horas e 45 minutos, demonstrando assim, que a vedação e o sistema de condicionamento artificial retardam as influências imediatas das variáveis climáticas externas dentro do ambiente. Nota-se que o condicionamento artificial foi intensificado nas horas em que a temperatura externa apresentava seus valores mais elevados. Isto evidencia a capacidade do condicionamento artificial e da vedação de manter a temperatura do ambiente dentro de faixas consideradas confortáveis.

Durante as horas da noite (21h30min), com a presença de chuva, a temperatura externa do ar iniciou um descenso considerável, influenciada pela alta taxa de umidade; porém, a temperatura interna manteve valores estáveis, apresentando queda somente às 05h30min do dia seguinte, indicando assim, 8 horas de atraso térmico do ambiente.

A sala analisada no edifício Ybaga, apesar de apresentar considerável atraso térmico, indicou um acentuado amortecimento térmico sem o uso do ar-condicionado, de 3°C, o que é bastante significativo demonstrando que a vedação fornece um importante isolamento do ambiente interno em relação ao externo.

4.2.2.2 Comparação de Dados Obtidos e Carta Bioclimática

As médias dos dados climáticos coletados no edifício Ybaga, em fevereiro de 2014 (Tabela 4.5), também são semelhantes às Normais Climatológicas históricas (Tabela 4.1), indicando assim, que o dia escolhido para a análise pode ser considerado típico.

O ambiente faz uso constante de ar-condicionado, o que, segundo a Carta Bioclimática, seria necessário somente 15,5% do mês. A ventilação natural, outra estratégia importante apontada pela carta, não é utilizada no ambiente analisado, pois as janelas ficam permanentemente fechadas.

A Alta Inércia, também recomendada pela carta (para ser usada de forma conjunta com outras estratégias), foi aplicada nesta edificação, pois a mesma apresenta vedações opacas externas com 25 cm de espessura que apresentou um atraso térmico de 8 horas entre o final do segundo dia e o começo do terceiro dia de monitoramento, e entre o final do quarto e o início do quinto dia de monitoramento foram notadas mais de 10 horas de atraso térmico. Este efeito, para este caso, não representou vantagem para o conforto térmico, pois o ambiente permaneceu com temperatura superior ao

percebido externamente, durante todo o período noturno e primeiras horas do dia seguinte, sendo significativamente reduzido após o acionamento do condicionamento artificial. Porém, apesar disto, a vedação indicou um significativo amortecimento térmico, demonstrando assim, que outros fatores, além da vedação opaca, influenciam nas altas temperaturas percebidas dentro da sala.

Tabela 4.5 - Médias de dados climáticos coletados durante a pesquisa

Temperatura média máxima (°C)	Temperatura média mínima (°C)	Temperatura média (°C)	Umidade relativa média (°C)
30	22,1	25,5	72,8

Fonte: Autor.

4.2.2.3 Características Construtivas e suas Influências no Espaço Interno

Com mais de 40 anos de uso e construído com blocos cerâmicos de oito furos, assentados na sua maior dimensão com argamassa em ambas as faces e, totalizando assim, a vedação uma espessura de 25 cm, aproximadamente, foi observado um alto atraso térmico, que através do acúmulo e retardada dispersão de calor, manteve o ambiente interno com temperatura de ar superior ao verificado externamente, durante o período noturno e as primeiras horas do dia. Em alguns dias, foram observadas mais de 8 horas de atraso térmico, porém, foi notado também um considerável amortecimento térmico proporcionado pela vedação, o que impede influencia direta das variáveis externas dentro da edificação.

No caso desta edificação, as vedações envidraçadas não são grandes responsáveis pelo aquecimento do ambiente, pois estes estão protegidos por brises metálicos externamente (que interrompem quase totalmente a incidência direta da radiação solar) e por persianas internamente.

4.2.2.4 Consumo de Energia Elétrica

O espaço estudado possui grandes dimensões e grande quantidade de pessoas trabalhando, assim, vários equipamentos elétricos podem ser encontrados no local. A Tabela 4.6, lista estes equipamentos, a quantidade existente e tempo de uso diário.

Tabela 4.6 - Equipamentos.

Equipamentos	Quantidade	Horas de uso por dia
Lâmpada fluorescente	24	8
Ar condicionado	11	8
Computador	20	8
Impressora	6	3
Fax	1	24
Geladeira	2	24
Cafeteira	2	1
Placa quente elétrica	1	2
Micro-ondas	1	3
TV 29"	1	0,30
Projektor + notebook	1	3

Fonte: Autor.

A tabela 4.7 exibe o consumo elétrico em kWh mensal dos equipamentos encontrados. Nota-se que, entre eles, o forno de micro-ondas é bastante utilizado e possui um consumo elevado (126,36 kWh). Segundo a Eletrobrás, um forno micro-ondas similar, consome normalmente 108 kWh de energia elétrica por mês. Outro equipamento de alto consumo é a “placa quente”, que é utilizada para aquecer refeições. Este equipamento, apesar de ser novo, tem um alto consumo de eletricidade.

Tabela 4.7 - Consumo de equipamentos.

Equipamento	Idade do equipamento	Consumo por hora (kWh)	Horas de uso por dia	Consumo total diário (kWh)	Consumo total mensal (kWh)
Lâmpada Fluorescente	...	0,025	8	0,2	6
Ar-condicionado	8 anos	1,45	8	11,6	348
Computador	4 anos	0,063	8	0,504	15,12
Impressora	...	0,001875	8	0,015	0,45
Fax	...	0,003	24	0,072	2,16
Geladeira	12 anos	0,11	24	2,80	84,1
Cafeteira	1 ano	0,22	1	0,22	6,565
Placa quente	6 meses	1,44	2	2,88	86,4
Micro-ondas	8 anos	1,404	3	4,212	126,36
TV 29"	5 anos	0,084	0,3	0,042	1,26
Projektor + Notebook	9 anos	0,55	3	1,65	49,5

Fonte: Autor.

Os equipamentos encontrados no Ministério da Fazenda, assim como os aparelhos das demais edificações, não possuem nenhum tipo de selo ou etiqueta que informe o seu consumo energético. Desta forma, o seu gasto, geralmente, é elevado, pois o consumidor não tem conhecimento sobre o impacto que o uso de determinado equipamento terá sobre sua conta de energia elétrica.

4.2.2.5 Ganho Térmico do Ambiente

No período de monitoramento, na sala analisada foram encontrados os seguintes equipamentos elétricos: 1 TV, 1 notebook, 1 projetor, 4 lâmpadas fluorescentes e 1 ar-condicionado. Este último equipamento foi

desconsiderado para o cálculo de carga térmica do ambiente, pois possui o motor no lado de fora da edificação.

Assim, considerando a carga térmica aportada pelos equipamentos, o volume do ambiente, a característica dos fechamentos e a quantidade de ocupantes, foi calculada a quantidade de calor latente e calor sensível que é necessário retirar do ambiente. Desta forma, foram encontrados mais de 21.126 BTU/h de carga térmica total dentro do ambiente analisado.

Embora desconhecida a capacidade do aparelho de ar-condicionado utilizado no local, nota-se que, apesar das altas temperaturas externas, o mesmo é capaz de retirar a quantidade de carga térmica necessária para manter a temperatura do ambiente dentro de faixas consideradas apropriadas para os usuários.

Nota-se que a carga térmica do ambiente não é gerada em grande parte pelos equipamentos ou usuários, pois a quantidade de BTU's observada não é necessariamente significativa.

4.2.2.6 Análise Conclusiva da Edificação

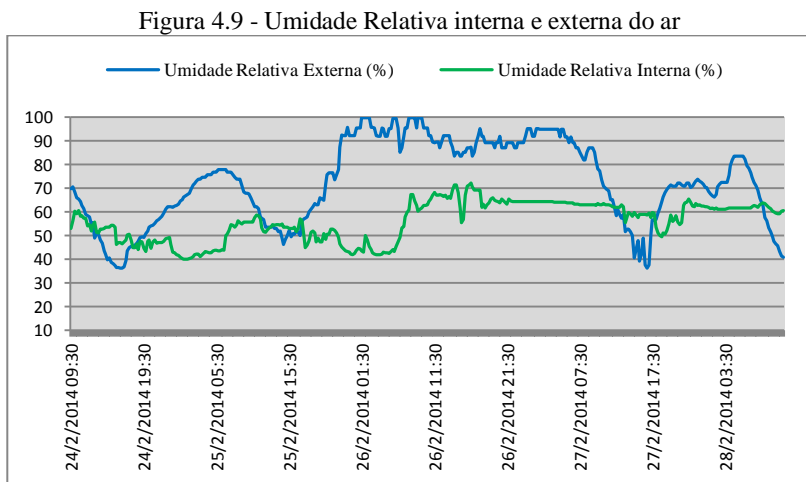
No caso do ambiente analisado nesta edificação, é percebida a alta necessidade do uso de ar-condicionado, que não se deve somente ao calor aportado pelos equipamentos elétricos encontrados no espaço interno, senão à consideravelmente alta inércia térmica que as vedações opacas apresentam, característica que influencia nas altas temperaturas percebidas durante a noite e parte do período diurno. Esta situação causa o desperdício de energia, que poderia ser minimizado através do uso de ventilação natural, estratégia esta que faria a retirada de grande parte do calor retido, diminuindo assim, as necessidades de uso de condicionamento artificial.

Porém, apesar da alta inércia térmica da vedação opaca, foi verificado também um importante amortecimento térmico causado pela

vedação (3°C aproximadamente), o que constitui uma estratégia favorável para evitar altos ganhos térmicos dentro da sala analisada. Assim, os valores altos de temperatura observados no ambiente durante o monitoramento, se devem à ação da alta inércia térmica das vedações opacas em combinação com fatores como a cor acinzentada dos brises, que absorvem calor e o retransmitem às vedações enidraçadas, que por sua vez absorvem e transmitem esta energia térmica ao interior do ambiente, que pela falta de ventilação natural, oferece altas temperaturas sem o uso do ar-condicionado. Assim, a falta de estratégia de ventilação natural é o maior determinante das temperaturas inadequadas e por consequancia, constante necessidade de condicionamento artificial.

4.2.3 Edifício Fortaleza III

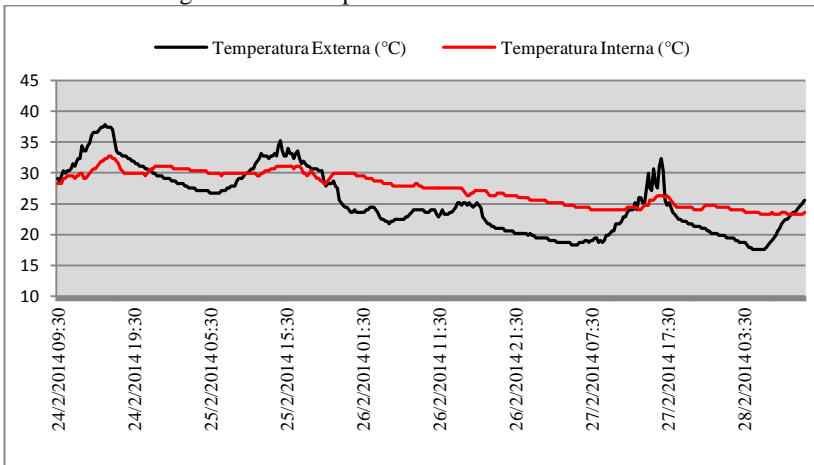
As figuras 4.9 e 4.10 demonstram os dados de umidade relativa e temperatura do ar coletados ao longo do monitoramento. Nesta edificação, o dia 25/02/2014 também foi o escolhido para a análise do atraso térmico.



Fonte: Autor.

A umidade relativa de ar dentro do ambiente estudado indicou estar também acima dos 60% recomendados para manter um ambiente salubre. Da mesma forma, o espaço interno sofre com temperaturas de ar consideradas elevadas para um ambiente adequado. (SOOKCHAIYA, MONYAKUL e THEPA, 2010).

Figura 4.10 - Temperatura interna e externa do ar



Fonte: Autor.

A habitação não fez a utilização de condicionamento artificial de forma constante durante os dias de monitoramento, sendo este ativado somente durante algumas horas durante o período da tarde e quando as temperaturas externas apresentam elevado valor.

No dia 24/02/2014, a sala permaneceu sem uso de ar-condicionado; já no dia 25/02/2014, o equipamento foi ativado durante o período vespertino.

A presença de precipitações nas horas noturnas do dia 25/02 influenciou fortemente nos valores das variáveis climáticas percebidas no dia 26/02 e 27/02/2014; assim, estes foram descartados para a realização da análise de atraso térmico. Os dias 24/02 e 28/02/2014 não apresentaram

dados correspondentes à totalidade de horas do dia; assim, 25/02/2014 foi escolhido para a realização da análise do atraso térmico, por não ter sofrido influência de precipitações e pela coleta ter sido feita das 0h00min às 23h59min.

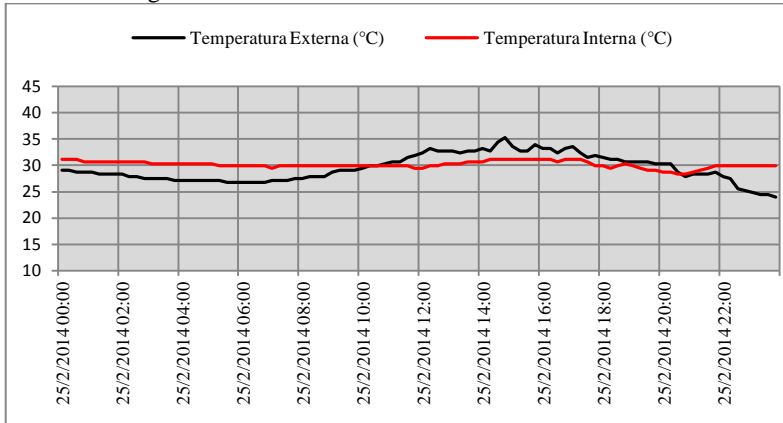
4.2.3.1 Desempenho Térmico do Ambiente

No edifício Fortaleza III foi analisada uma unidade habitacional. Nesse caso, pelo fato do espaço estudado constituir parte de uma moradia, permite-se a entrada de iluminação e ventilação naturais através das esquadrias.

No dia 25/02/2015, a única moradora relatou que a residência permaneceu fechada e sem uso de ar-condicionado, durante o período matutino. O equipamento de condicionamento artificial foi ativado após às 13h e desligado às 17h, aproximadamente, momento no qual foram abertas as portas e janelas do recinto estudado, que no caso constitui a sala de estar.

Assim, para a análise do atraso térmico, considerou-se somente o período em que o recinto permaneceu fechado e sem o uso do ar-condicionado. Portanto, neste intervalo foi observado um atraso térmico de 5 horas, efeito que provoca temperaturas internas maiores que as externas durante o período noturno (Figura 4.11).

Figura 4.11 - Dia de Referência Edifício Fortaleza III



Fonte: Autor.

Após este período, com a ativação do ar-condicionado, observa-se uma estabilização da temperatura interna (entre 14h e 17h). Depois deste intervalo, nota-se a semelhança das variações apresentadas pelas temperaturas externas e internas, pois o recinto recebeu influência direta das variáveis externas, através da abertura das esquadrias.

Observa-se também uma temperatura interna constante e superior à externa, durante o período noturno. Isto se deve à absorção de calor nas vedações e outros elementos que se encontram no ambiente. Durante as horas do dia e com a energia térmica que é dissipada por estes, pela falta de aberturas para a retirada de calor emitido e sem a influência do ar-condicionado, apresenta temperaturas superiores aos percebidos externamente.

4.2.3.2 Comparação de Dados Obtidos e Carta Bioclimática

Como observado nas demais edificações, as médias das variáveis climáticas obtidas em fevereiro de 2014 também são semelhantes à Normal Climatológica do mês de fevereiro, demonstrando com esta similitude que o

período de monitoramento apresenta comportamento climático com dados aproximados aos conferidos historicamente (Tabela 4.8).

Tabela 4.8 - Médias de Variáveis Climáticas coletadas durante a pesquisa

Temperatura média máxima (°C)	Temperatura média mínima (°C)	Temperatura média (°C)	Umidade relativa média (°C)
31,2	21,7	25,3	72,7

Fonte: Autor

O edifício Fortaleza III segue algumas recomendações indicadas pela Carta Bioclimáticas, entre elas: o uso de ventilação, pois durante alguns períodos, a residência permanece com as esquadrias abertas, permitindo a incidência direta de variáveis climáticas externas. Entretanto, apesar da aplicação desta estratégia, observa-se elevada temperatura interna, na maior parte do tempo do período matutino e vespertino, pois nos dias em que não houve a presença de precipitações, este valor se manteve praticamente acima dos 30°C, em uma faixa de temperatura considerada não adequada para o usuário. Desta forma, nota-se que, durante o período de monitoramento, as variáveis climáticas externas não estavam adequadas para conseguir conforto dentro do ambiente através do seu aproveitamento.

O uso de ar-condicionado está dentro do que é recomendado pela carta, pois a moradora relata que em poucos momentos sente a necessidade de utilizar o equipamento. A mesma conta que, através da ventilação natural, consegue obter um ambiente que considera confortável. Porém, isto não está de acordo com o recomendado para o conforto térmico, que sugere temperaturas menores aos observados no ambiente. Desta forma, a conformidade da moradora com a temperatura observada pode ser causada tanto pelo movimento de ar, que modifica a sensação térmica, como pela aclimação da moradora ao ambiente de sua residência, pois estudos têm afirmado que usuários de edificações ventilados naturalmente possuem

maior tolerância e uma maior faixa de temperatura de conforto térmico (ASHRAE, 2004; GIVONI, 1992; OLGAYAY, 1968).

4.2.3.3 Características Construtivas e suas Influências no Espaço Interno

O edifício Fortaleza III possui uma fachada pintada na cor branca, o que diminui a sua capacidade de absorção da radiação incidente e representa uma característica positiva em relação à capacidade de reflexão. Os elementos envidraçados escassos não são muito significativos para o ganho térmico do espaço interno (Figura 4.12).

Figura 4.12 - Fachada Edifício Fortaleza III.



Fonte: Site *Ecos del Paraguay*, 2012.

Nesse edifício, a unidade estudada é habitacional e faz uso de sistema de condicionamento artificial nos quartos e na sala de estar; os cômodos que não utilizam esse sistema fazem uso de ventilação natural. O espaço analisado constitui a sala de estar da residência e faz uso de condicionamento artificial somente durante algumas horas do dia.

Os dados coletados demonstram que a temperatura interna permanece constantemente mais elevada que a externa, durante o período noturno. Esse resultado se deve ao atraso térmico das paredes e à falta de

utilização da estratégia de ventilação natural nas horas da noite, recomendada pela Carta Bioclimática.

4.2.3.4 Consumo de Energia Elétrica

A unidade em questão é uma habitação unifamiliar, assim, dentro da mesma, somente foram encontrados eletrodomésticos. A tabela 4.9 lista os equipamentos elétricos encontrados na residência:

Tabela 4.9 - Equipamentos

Equipamentos	Quantidade	Horas de uso por dia
Ventilador de teto	2	8
Lâmpada fluorescente	13	5
Ar-condicionado	1	8
Chuveiro elétrico	2	1
Geladeira	1	24
Cafeteira	1	0,3
TV LCD 32"	1	3
Micro-ondas	1	0,2

Fonte: Autor.

Segundo a Eletrobrás, uma televisão de 18", similar à analisada na unidade unifamiliar, gasta em média 6,75 kWh por mês. Assim, o aparelho de televisão analisado indicou ser eficiente, consumindo 2,16 kWh de eletricidade por mês.

Da mesma forma, o aparelho de micro-ondas e a geladeira demonstraram estar dentro dos padrões de consumo revelados pela Eletrobrás para o mesmo tempo de uso.

No geral, os equipamentos elétricos encontrados nesta residência apresentam consumo moderado, o que se deve à pouca idade de fabricação dos mesmos, e ainda que não etiquetados, em comparação a equipamentos mais antigos observados nas outras edificações, apresentam consumo relativamente inferior (Tabela 4.10).

Tabela 4.10 - Consumo de equipamentos elétricos

Equipamento	Idade do equipamento	Consumo por hora (kWh)	Horas de uso por dia	Consumo total diário (kWh)	Consumo total mensal (kWh)
Ventilador de teto	3 anos	0,12	8	0,96	28,8
Lâmpada Fluorescente compacta	1 ano	0,015	5	0,075	2,25
Ar-condicionado	1 ano	1,35	8	10,8	324
Chuveiro elétrico	2 anos	3,5	0,7	2,45	73,5
Geladeira	2 anos	0,06	24	1,44	43,2
Cafeteira	3 anos	0,6	1	0,6	18
TV LCD 32"	1 ano	0,024	3	0,072	2,16
Micro-ondas	5 anos	1,32	0,2	0,44	13,2

Fonte: Autor.

4.2.3.5 Ganho Térmico do Ambiente

Por constituir a sala de estar da residência, no ambiente analisado foram encontrados poucos equipamentos elétricos, entre eles: 1 TV, 3 lâmpadas fluorescente compactas e 1 aparelho de ar-condicionado (o último equipamento foi desconsiderado para o cálculo de carga térmica, pois possui o motor do lado de fora da edificação).

Assim considerando as características dos fechamentos do ambiente, o volume, ocupação e os equipamentos elétricos encontrados, foi determinado que devem ser retirados mais de 19.862 BTU/h de carga

térmica do ambiente. Assim, segundo esta informação, é necessário um equipamento de ar-condicionado de 21.000BTU de capacidade para a retirada desta quantidade de carga térmica do ambiente, porém, segundo a moradora, o equipamento atual de 12.000 BTU é pouco utilizado, pois com o uso de ventilação natural é possível conseguir um ambiente relativamente confortável.

4.2.3.6 Análise Conclusiva da Edificação

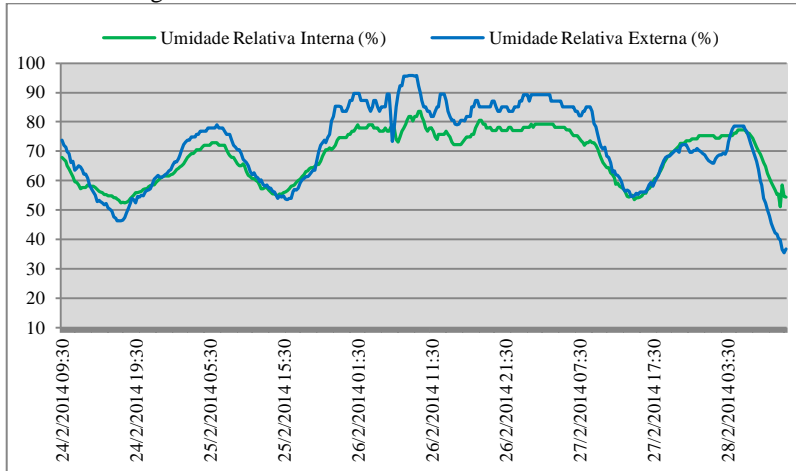
Dentro da sala analisada nesta edificação foram encontrados escassos equipamentos elétricos, verificou-se assim, que estes não são os maiores responsáveis pelas temperaturas observadas.

Apesar de a edificação apresentar tipologia arquitetônica que permite o uso de variáveis climáticas externas, as estratégias necessárias não são aplicadas nas horas noturnas, período no qual há maior necessidade, pois através do atraso térmico da vedação, o ambiente interno permanece com temperaturas mais elevadas que o externo. Desta forma, por meio do uso mais frequente de ventilação natural, a carga térmica do ambiente poderia ser reduzida, incidindo assim, na menor necessidade de condicionamento artificial.

4.2.4 Edifício Figueiras

Assim como nas outras edificações, as variáveis climáticas do edifício Figueiras foram modificadas pela presença de chuvas durante alguns dias do período de monitoramento. A figura 4.13 ilustra a grande variação da umidade relativa do ar percebida interna e externamente na edificação; já a figura 4.14, demonstra as oscilações da temperatura interna e externa do ar.

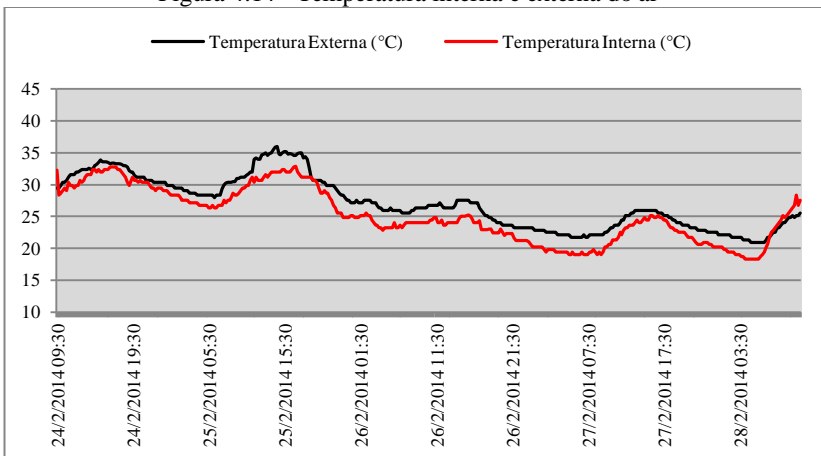
Figura 4.13 - Umidade Relativa interna e externa do ar



Fonte: Autor.

No geral, a porcentagem de umidade relativa interna se mostra inadequada para um ambiente salubre. Já a temperatura interna, indicou grande variação, demonstrando valores adequados em alguns períodos e inadequados em outros.

Figura 4.14 - Temperatura interna e externa do ar



Fonte: Autor.

Neste edifício, foi monitorada a sala de estar de uma residência, que permaneceu desocupada e sem o uso de ar-condicionado durante praticamente todo o período de monitoramento, recebendo assim, mínima influência direta das variáveis climáticas externas.

Para uma análise mais aprofundada das variações de temperatura do ar desta edificação, o dia 25/02/2014 também foi escolhido como dia de referência.

4.2.4.1 Desempenho Térmico do Ambiente

As variáveis climáticas internas e externas coletadas no edifício Figueiras demonstraram pouca variação durante todo o período de monitoramento. A figura 4.15 apresenta os dados coletados no dia 25/02/2014, dia selecionado para a realização da análise de atraso térmico.

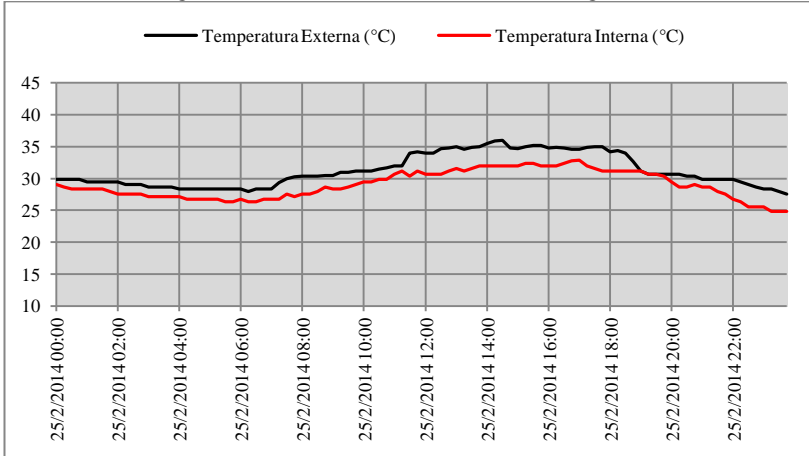
A figura 4.15 ilustra que as temperaturas interna e externa apresentam oscilação semelhante e valores aproximados, o que demonstra uma forte influência das características climáticas externas dentro do ambiente.

O atraso térmico observado neste dia foi de apenas 02h30min, indicando assim, uma baixa capacidade da vedação de retardar a transmissão de energia térmica ao ambiente.

A baixa inércia térmica da vedação opaca causa uma rápida transmissão da energia absorvida externamente ao ambiente interno, e sem o uso de qualquer tipo de ventilação (natural ou mecânica) o espaço permanece na maior parte do dia, com temperaturas consideradas inadequadas para o conforto. Esta situação poderia ser melhorada com o uso de ventilação natural para a retirada do calor acumulado no ambiente.

As vedações translúcidas, além de serem escassas, em sua maioria, permanecem sombreadas na maior parte do tempo, colaborando assim, minimamente, para o ganho térmico do ambiente.

Figura 4.15 - Dia de Referencia edifício Figueiras



Fonte: Autor.

4.2.4.2 Comparação de Dados Obtidos e Carta Bioclimática

Ao fazer uma comparação entre os dados históricos proporcionados pela Normal Climatológica (Tabela 4.11), pode ser notada uma diferença entre os dados coletados em fevereiro de 2014 e as médias históricas do mês de fevereiro. Isto se justifica pela diferença de entorno entre os pontos de monitoramento, pois as Normais Climatológicas foram obtidas através de variáveis climáticas coletadas no aeroporto internacional Silvio Pettirossi, região minimamente adensada, e as médias da pesquisa foram conseguidas com dados adquiridos em uma região consideravelmente mais adensada.

Em relação às estratégias bioclimáticas sugeridas pela Carta Bioclimática, a sala praticamente não segue nenhuma das recomendações, pois não utiliza ventilação e muito menos faz o uso combinado de

Ventilação/Alta Inércia/Resfriamento Evaporativo, recomendado para 18,13% do mês de fevereiro.

Tabela 4.11 - Média de variáveis climáticas coletadas durante a pesquisa

Temperaturas médias máximas (°C)	Temperaturas médias mínimas (°C)	Temperaturas médias (°C)	Umidades relativas médias (°C)
29,8	24,6	27,1	71,7

Fonte: Autor.

4.2.4.3 Características Construtivas e suas Influências no Espaço Interno

Esta edificação apresenta fachada predominantemente em cor clara (bege) e com elementos na cor vinho. Esta característica é considerada adequada, pois cores mais claras têm menos capacidade de absorção de calor.

As vedações translúcidas estão protegidas externamente, permanecendo assim, durante praticamente todo o período diurno, sombreadas e protegidas da radiação direta. Assim, os elementos envidraçados sombreados evitam um maior ganho de calor do ambiente.

Com 12 anos de uso, a edificação possui vedações opacas com baixa inércia térmica, o que prejudica fortemente o desempenho térmico do ambiente, pois as variáveis climáticas externas que, na maior parte do tempo, são desfavoráveis para o conforto, afetam rapidamente o espaço interno.

A tipologia arquitetônica permite o uso de ventilação e iluminação natural através das esquadrias, porém a moradora relata que normalmente as esquadrias permanecem fechadas. Apesar de fazer mínimo uso de ar-condicionado, já que o espaço é pouco ocupado, fazer o uso de ventilação natural, durante algumas horas do dia, quando as variáveis climáticas externas apresentam características favoráveis (geralmente no período

noturno), poderia criar um ambiente mais adequado termicamente e mais salubre, pois a renovação de ar é essencial para evitar o acúmulo de substâncias daninhas e a proliferação de bactérias prejudiciais ao organismo humano.

4.2.4.4 Consumo de Energia Elétrica

A unidade estudada no edifício Figueiras constitui uma residência ocupada por uma única moradora. Os equipamentos elétricos utilizados na residência são relativamente novos e apresentam consumo moderado (Tabela 4.12).

Tabela 4.12 – Equipamentos.

Equipamentos	Quantidade	Horas de uso por dia
Lâmpada fluorescente compacta	15	6
Ar-condicionado	2	8
Computador	1	6
Geladeira	2	24
Cafeteira	1	1
Micro-ondas	1	3
Chuveiro elétrico	2	1
TV LCD 50"	1	3

Fonte: Autor.

A tabela 4.13 traz mais informações sobre os equipamentos elétricos encontrados na residência e demonstra o consumo energético em kWh de cada um.

Tabela 4.13 - Consumo de equipamentos .

Equipamento	Idade do equipamento	Consumo por hora (kWh)	Horas de uso por dia	Consumo total diário (kWh)	Consumo total mensal (kWh)
Lâmpada fluorescente compacta	2 anos	0,015	5	0,075	2,25
Ar-condicionado	4 anos	1,35	8	10,8	324
Computador	2 anos	0,063	8	0,504	15,12
Geladeira	1 ano	0,05	24	1,2	36
Cafeteira	1 ano	0,6	1	0,6	18
Micro-ondas	5 anos	1,32	0,3	2,64	79,2
Chuveiro elétrico	1 ano	3,5	0,7	2,45	73,5
TV LCD 50"	2 anos	0,026	3	0,078	2,34

Fonte: Autor.

Os equipamentos utilizados, apesar de não apresentarem nenhum tipo de etiqueta ou selo que indique seu consumo energético, expõem gasto de eletricidade similar aos produtos comercializados no Brasil, segundo tabela de gasto de equipamentos elétricos, proporcionada pela Eletrobrás.

Um fator importante para o consumo moderado dos equipamentos é a idade de cada um. Ao fazer uma comparação com os equipamentos elétricos utilizados em todas as edificações da amostra, pode ser percebido que, na maioria dos casos, os mais antigos são os que apresentam consumo energético mais elevado.

4.2.4.5 Ganho Térmico do Ambiente

Na sala de estar da residência, onde foram instalados os sensores de temperatura e umidade relativa de ar, foram encontrados os seguintes

equipamentos elétricos: 3 lâmpadas fluorescente compactas, 1 computador, 1 TV e um ar-condicionado (desconsiderado para o cálculo de ganho térmico por possuir o motor do lado de fora do ambiente). Assim, através da potência em Whats destes equipamentos, as características construtivas do ambiente e a quantidade de ocupantes, foi determinado que é necessário fazer a retirada de pouco mais de 18.875 BTU/h de calor latente e sensível do ambiente.

Assim, nota-se que, neste caso, os equipamentos não são os maiores responsáveis pelas altas temperaturas do ambiente, até porque o recinto permaneceu desocupado durante praticamente todo o período de monitoramento e estes não foram ligados. Assim, a baixa inércia térmica da vedação e a falta de uso de estratégia de ventilação natural são os principais responsáveis pelos valores de temperatura de ar observados.

4.2.4.6 Análise Conclusiva da Edificação

A vedação com baixa inércia térmica é o fator preponderante na rápida ação das variáveis climáticas externas sobre o espaço interno. Este efeito é desfavorável nos dias de alta temperatura externa de ar, pois o ambiente é aquecido rapidamente e a falta de uso de ventilação natural evita a remoção do calor ganho.

No caso desta edificação, os equipamentos elétricos não são os responsáveis pelo aquecimento do ambiente, já que este permaneceu desocupado durante praticamente todo o período de monitoramento, e por constituir uma sala de estar, não possui equipamentos que permanecem ligados o dia inteiro (como acontece na cozinha, por exemplo, onde a geladeira esta constantemente ligada).

5 CONCLUSÕES

Nas edificações mais antigas (Líder IV e Ybaga), nota-se um maior isolamento do ambiente interno, e mesmo contando a edificação com características construtivas que permitem a abertura de esquadrias, nas salas não é feito o uso de ventilação natural, o que resulta na falta de aproveitamento de variáveis climáticas externas favoráveis ao conforto do ambiente, implicando assim, no maior uso de condicionamento artificial e recorrente desperdício de energia.

Já as edificações mais recentes (Fortaleza III e Figueiras), apresentam características de uso que permitem que o ambiente interno seja influenciado pelas variáveis climáticas externas. Outra característica tipológica, favorável ao clima de Assunção, notada nestas edificações foi a reduzida aplicação de vedações envidraçadas, característica construtiva que evita ganho de calor através da incidência solar direta nos elementos translúcidos.

De acordo com as características climáticas de Assunção, através da aplicação da Carta Bioclimática, foi percebida a falta ou o mal uso de estratégias em duas edificações. Na primeira, Líder IV, a falta de uso de ventilação natural e a grande porcentagem da fachada envidraçada sem proteção solar externa, que causa um alto ganho de calor do ambiente e uma forte dependência do condicionamento artificial. Desta forma, esta edificação não é adequada para o clima de Assunção. A segunda edificação, Ybaga, possui vedações translúcidas protegidas através de brises, porém as vedações opacas apresentam elevado atraso térmico, o que contribui para o aquecimento do ambiente. Assim, nesta edificação, a falta de uso de ventilação natural aliado a vedações com alta inércia térmica cria um ambiente altamente dependente do ar-condicionado. Desta forma, apesar da

edificação apresentar características construtivas adequadas para o clima de Assunção, a sua forma de uso a torna ineficiente.

O sistema construtivo das demais edificações, Fortaleza III e Figueiras, apresentam características mais aproximadas às recomendadas pela Carta Bioclimática. Estas características tornam os ambientes menos dependentes do condicionamento artificial e, apesar das vedações apresentarem menor atraso térmico, a possibilidade de uso das variáveis climáticas externas diminui a necessidade de sistemas mecânicos de condicionamento. Assim, estas edificações se integram de forma mais eficaz ao clima de Assunção.

No geral, foi observado que a carga térmica aportada pelos fatores internos do ambiente não é a principal responsável pelas altas temperaturas internas observadas. Em relação ao consumo energético dos equipamentos elétricos, foi verificado um alto gasto energético dos que possuem maior tempo de fabricação. Já os adquiridos mais recentemente, apesar de não possuírem nenhuma etiqueta que classifique o seu nível de consumo, apresentaram gasto energético similar aos equipamentos etiquetados e comercializados no Brasil.

Desta forma, conclui-se que o fator preponderante para o desperdício de energia e decorrente ineficiência energética das edificações é a falta do uso de ventilação natural, que faria a redução da carga térmica dos ambientes para a minimização do uso de condicionamento artificial.

A metodologia utilizada no estudo atingiu o objetivo proposto, de apontar as principais características que influenciam na eficiência energética das edificações estudadas. Assim, no geral, percebe-se baixa consciência em relação ao uso racional de energia nas edificações estudadas, pois há um desperdício de energia para o condicionamento dos ambientes, que pela falta de uso de estratégias bioclimáticas, são altamente dependentes de sistemas de condicionamento artificial. Desta forma, o Paraguai deve buscar

intensificar as pesquisas na área de eficiência energética em edificações, pois há ainda muito a ser feito e, tendo os resultados em mãos, estimar a viabilidade de implantação de normativas de uso racional de energia.

6 PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS

Os resultados indicaram pouca preocupação em relação ao uso não racional de energia nas edificações no Paraguai, pois as edificações, na sua maioria, apresentam características tipológicas inadequadas ao clima de Assunção, pois não fazem uso adequado de estratégias bioclimáticas indicadas para o clima da cidade de Assunção. Desta forma, pesquisas que indiquem as tipologias arquitetônicas mais favoráveis para o clima de Assunção seriam aliadas essenciais para uma futura criação de normativas dedicadas a implantação de Leis de Eficiência Energética em Edificações no Paraguai.

REFERÊNCIAS

ABADIE, L. M., G.A, I., ORTIZ, R. A.: **Determinants of Energy Efficiency Investments in the US**. Energy Policy, v. 45, p. 551–566, jun. 2012.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2005). NBR 15220-3 - Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, 2005.

ARGENTINA (país). Programa de Ahorro y Eficinecia Energética en Argentina: Programa de ahorro y eficiencia energetica en edificios públicos. Jornada de Eficiencia Energética en Edifícios Públicos, Buenos Aires, 2006.

_____. Programa de Ahorro y Eficinecia Energética en Argentina. Eficiencia energética:

el nuevo paradigma de la construcción sustentable, 2010. Disponível em: <
http://buildgreenmag.org.ar/pdfs/BG2_Eficiencia%20energetica%20nota.pdf
 f > Acesso em 5 de nov. de 2014.

_____. **Secretaria de Energia. Balances Energéticos 2012**. Disponível em: <
<http://energia3.mecon.gov.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=3366>>
 Acesso em: 15 de out. de 2014.

ASHRAE 55-2004 - **AMERICAN SOCIETY OF HEATING REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS, INC.** - Thermal environmental conditions for human occupancy. Atlanta. USA

BARBOSA, A. A. A.; TROCHE, J. E. R.; RIENZZI, J. M. C. **Estudio de la Aplicación de la Refrigeración Solar por Absorción para la Climatización de Oficinas ubicadas en Gran Asunción**. 2012. 198f. Trabalho Final de Graduação (Facultad de Ingeniería, Ingeniería Mecánica) – Universidad Nacional de Asunción, San Lorenzo, 2012.

BARROS, V.; DOYLE, M.; GONZÁLEZ, M.; CAMILLONI, I.; BEJARÁN, R.; CAFFERA, R. M. Climate Variability over Subtropical South America and the South American Monsoon: a Review Meteorológica, v 27, p 33-57. 2002.

BORDÓN, J. C.; SANTACRUZ, D. R. **Eficiencia Energética Aplicada al Edificio Corporativo del Citicenter**. 2008. 173f. Trabalho Final de Graduação (Facultad de Ingeniería, Ingeniería Electrónica) – Universidad Nacional de Asunción, San Lorenzo, 2008.

CARLO, J. C. **Desenvolvimento de Metodologia de Avaliação da Eficiência Energética do Envolvimento de Edificações Não-residenciais**. 2008. 196f. Tese (Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2008.

CHILE (país). **Agencia Chilena de Eficiencia Energética**. Desenvolvido pela Agencia Chilena de Eficiencia Energética. Apresenta informações gerais sobre a instituição. Disponível em: < <http://www.acee.cl/areas/edificacion> > Acesso em: 2 de dez. de 2013.

COMITÉ NACIONAL DE EFICIENCIA ENERGETICA. Desenvolvido Vice-ministerio de Minas e Energia do Paraguai. Apresenta informações gerais sobre a instituição. Disponível em: < <http://www.ssme.gov.py/>>. Acesso em: 10 de dez. 2013.

CORBELLA, O. ; YANNAS, S. Em Busca de uma Arquitetura Sustentável para os Trópicos: conforto ambiental. Rio de Janeiro: Revan, 2003.

CROUCHER, M.: **Energy Efficiency: is re-distribution work the gains?**. Energy Policy, v. 45, p. 304–307, Jun. 2012.

DESIDERI, U.; LEONARDI, D.; ARCIONI, L.; SDRINGOLA, P. **European Project Educa-rue: an example of energy efficiency paths in educational buildings**. Applied Energy, v. 97, p. 384–395, set. 2012.

DÍAZ, J. J. V.; WILBY, M. R.; GONZÁLEZ, A. B. R. **Setting up GHG-based Energy Efficiency Targets in Buildings: the ecolabel**. Energy Policy, v. 59, p. 633–642, ago. 2013.

DIRECCION NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA. Desenvolvido pela Direção Nacional de Aeronáutica Civil do Paraguai. Contém informações gerais sobre a instituição. Disponível em: < <http://www.meteorologia.gov.py/> > Acesso em 20 de outubro de 2014.

DORNELLES, K. A.; CARAM, R. M.; SICHIERI, E. P. **Absortância solar e desempenho térmico de tintas frias para uso no envelope construtivo**. XII Encontro Nacional e VIII Latinoamericano de Conforto no Ambiente Construído - ENCAC/ELACAC. Brasília, 2013.

DORNELLES, K. A.; RORIZ, M. **Influência das Tintas Imobiliárias Sobre o Desempenho Térmico e Energético de Edificações**. Disponível em: < http://www.agencia.fapesp.br/arquivos/artigo_dornelles_roriz.pdf > Acesso em: 8 de set. de 2014.

ELETROBRAS. Desenvolvido pela Eletrobrás. Apresenta informações gerais sobre a instituição. Disponível em: <<http://www.eletrobras.com>>. Acesso em: 15 de dez. 2012.

FUNDACIÓN PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE DEL CHACO. **Atlas Climático del Chaco Paraguayo**. 2005. Disponível em: < http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNADR177.pdf >

GHISI, E.; RAMOS, G.; SANTANA, M. V.; MINKU, P.; MOREIRA, C. da S.; COELHO, G. M. Impactos da Adequação Climática Sobre a Eficiência Energética e o Conforto Térmico de Edifícios de Escritórios no Brasil – Zona 3. Florianópolis, 2006.

GIVONI, B. **Comfort, climate analysis and building design guidelines**. Energy and Building. Vol.1, pp. 11-23, 1992.

GIVONI, B. *Climate considerations in building and urban design*. John Wiley & Sons, 1998.

GOULART, S. V. G.; LAMBERTS, R.; FIRMINO, S. **Dados Climáticos para Projeto e Avaliação Energética de Edificações para 14 cidades brasileiras**. 2. ed. Florianópolis: Núcleo de Pesquisa em Construção, 1998.

JAIN, Rishee K.; TAYLOR, John E.; PESCHIERA, Gabriel. **Assessing eco-feedback interface usage and design to drive energy efficiency in buildings**. *Energy and Buildings*, v. 48, p. 8–17, mai. 2012.

LabEEE – LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES. **ANALYSIS Bio**. Versão 2.1.1. UFSC – ECV – NPC – LabEEE, 2003. Disponível em: <<http://www.labeee.ufsc.br>>. Acesso em: 20 de maio de 2013.

LabEEE – LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFICAÇÕES. Universidade Federal de Santa Catarina. **Analysis Sol-ar**. Versão 6.2. 2009. Disponível em: <<http://www.labeee.ufsc.br>>. Acesso em: 2 de abril de 2014.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. **Eficiência Energética na Arquitetura**. Editora PW - São Paulo, 2014.

LAMBERTS, R; CARLO, J. **Uma discussão sobre a regulamentação de EEE**. In: Mercofrio 2004 - IV Congresso de Ar Condicionado, Refrigeração, Aquecimento e Ventilação do Mercosul. **Anais...** Curitiba, 2004.

LÓPEZ, R.; SARTÓRIO, D.; COHENCA, D. **Caracterización de la Conductividad Térmica de Materiales de Construcción Locales**. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Asunción. San Lorenzo, 2008.

MARTINS, F. R.; GUARNIERI, R. A.; PEREIRA, E. B. O **Aproveitamento da Energia Eólica**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 30, n. 1, 1304. 2008.

MATA, E.; KALAGASIDIS, A. S.; JOHNSON, F.. **Energy Usage and Technical Potential for Energy Saving Measures in the Swedish Residential Building Stock**. Energy Policy, v. 55, p. 404–414, abr. 2013.

MATOS, M. I. O Código de Obras como Instrumento Regulatório de Eficiência Energética em Edificações Residenciais: Proposição para o Município de São Paulo. 275f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Energia da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. Desenvolvido pelo Ministério de Minas e Energia. Apresenta informações gerais sobre a instituição. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/mme>>. Acesso em: 10 de novembro de 2014.

_____. Empresa de Pesquisa Energética. **Balanco Energético Nacional: ano base 2009, 2010**. Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2010.pdf> Acesso em: 20 de junho de 2013.

_____. Empresa de Pesquisa Energética. **Balanco Energético Nacional: ano base 2010, 2011**. Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2011.pdf> Acesso em: 21 de junho de 2013.

_____. Empresa de Pesquisa Energética. **Balanco Energético Nacional: ano base 2011, 2012**. Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/downloads/S%C3%ADntese%20do%20Relat%C3%B3rio%20Final_2012_Web.pdf> Acesso em: 23 de junho de 2013.

_____. Empresa de Pesquisa Energética. **Balço Energético Nacional: ano base 2012, 2013.** Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2013.pdf> Acesso em: 3 de julho de 2013.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION (EUA) (NASA). Astronomy picture of the day. Washington, DC. Disponível em: <<http://www.nasa.gov/centers/langley/news/factsheets/AtmSci.html>>. Acesso em: 15 de set. 2014.

NELSON, H. T.: **Lost Opportunities: modeling commercial building energy code adoption in the United States.** Energy Policy, v. 49, p. 182–191. Out. 2012. In: Estados Unidos da América. US Department of Energy.

OLGYAY, V. **Design with Climate. Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism.** 1963. 4th ed. Princeton, New Jersey. U. S. A.: Princeton University Press.

OLGYAY, V. **Clima y Arquitectura em Colombia.** *Universidad del Valle.* Faculdade de Arquitetura. Cali, Colombia, 1968.

OLGYAY, V. *Arquitectura y Clima – Manual de diseño bioclimático para arquitectos e urbanistas.* Editorial Gustavo Gilli, S.A. Barcelona. 2002.

PARAGUAI (país). **Administración Nacional de Electricidad: línea de transmisión 500 kv ch yacyreta – ayolas - villa Hayes.** 2012. Disponível em:

<<http://www.ande.gov.py/documentos/INFORME%20AMBIENTAL%20BID-ANDE%20FINAL.pdf>> Acesso em: 15 de setembro de 2013.

_____. **Ministério de Hacienda: Atlas de Políticas Públicas del Paraguay: tendencias y retos de intervención,** 2013. Disponível em: <<http://www.hacienda.gov.py/web-hacienda/pub021.pdf>>. Acesso em: 17 de setembro de 2014.

_____. **Viceministerio de Minas y Energía. Comité Nacional de Eficiencia Energética.** Desenvolvido pelo Comitê Nacional de Eficiência Energética do Paraguai. Apresenta informações gerais sobre a instituição, 2012b. Disponível em: <<http://www.ssme.gov.py>>. Acesso em: 19 de outubro de 2013.

_____. **Viceministerio de Minas y Energía. Dirección de Energía.** Desenvolvido pelo Viceministerio de Minas y Energía do Paraguai. Apresenta informações gerais sobre a instituição, 2010. Disponível em: <<http://www.ssme.gov.py>>. Acesso em: 12 de agosto de 2013.

_____. **Viceministerio de Minas y Energía: Balance Energético Nacional 2012,** 2013b. Disponível em: <<http://www.ssme.gov.py/vmme/images/vmme2013/balance-energetico-nacional-2012.pdf>>. Acesso em: 12 de agosto de 2013.

_____. **Viceministerio de Minas y Energía: Balance Energético Nacional 2013,** 2014. Disponível em: <<http://www.ssme.gov.py/vmme/pdf/balance2013/BalanceEnergeticoNacional2013.pdf>>. Acesso em: 18 de setembro de 2014.

_____. **Sistema de Información Energética Nacional,** 2012. Desenvolvido pelo Vice-ministério de Minas e Energia do Paraguai. Apresenta informações gerais sobre a Energia no Paraguai. Disponível em: <http://www.ssme.gov.py/vmme/index.php?option=com_content&view=article&id=1405> Acesso em: 13 de junho de 2013.

_____. **Sistema de Información Energética Nacional,** 2014b. Desenvolvido pelo Vice-ministério de Minas e Energia do Paraguai. Apresenta informações gerais sobre a Energia no Paraguai. Disponível em: <http://www.ssme.gov.py/vmme/index.php?option=com_content&view=article&id=1405> Acesso em: 25 de agosto de 2014.

PELLEGRINI-MASINI, G.; LEISHMAN, C. **The Role of Corporate Reputation and Employees' Values in the Uptake of Energy Efficiency Office Buildings.** Energy Policy, v. 39, p. 5409–5419, Set. 2011.

PORRITT, S.M.; CROPPER, P.C.; SHAO, L.; GOODIER, C.I. **Ranking of interventions to reduce dwelling overheating during heat waves**. Energy and Buildings, v. 55, p. 16–27, dez. 2012.

PULFER, Jean-Claude. **Diagnostico del Sector Energético en el Área rural de Paraguay: proyecto electrificación rural**, 2005. Disponível em: <http://www.paraguayrural.org/index.php?option=com_docman&task=cat_view&gid=7&Itemid=4>. Acesso em: 10 de maio de 2013.

PROCEL. **Programa Nacional de Conservação de Energia elétrica**. Desenvolvido pelo PROCEL. Apresenta informações gerais sobre a instituição. Disponível em: < <http://www.procelinfo.com.br/main.asp>> Acesso em 25 e outubro de 2014.

ROMERO, M. A. B. **Princípios Bioclimáticos para o Desenho Urbano**. ProEditores, 2º edição. São Paulo, 2000.

SOOKCHAIYA, T.; MONYAKUL, V. ; THEPA, S. **Assessment of the thermal environment effects on human comfort and health for the development of novel air conditioning system in tropical regions**. Energy and Buildings, v. 42, p. 1692–1702, oct. 2010.

US ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION (EIA). Desenvolvido por US ENERGY Information Administration. Apresenta informações gerais sobre Energia Elétrica nos Estados Unidos da América, 2010. Disponível em: <http://205.254.135.7/electricity/monthly/epm_table_grapher.cfm?t=epmt_5_2>. Acesso em: 15 de set. de 2013.

US ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION (EIA). **Annual Energy Review 2011**, 2012. Disponível em: < <http://www.eia.gov/totalenergy/data/annual/pdf/aer.pdf> > Acesso em : 6 de out. de 2013.

APÊNDICE A- Questionário



Este questionário faz parte do Projeto de Pesquisa **"Avaliação termoenergética preliminar de edificações verticais em Assunção, Capital da República do Paraguai"**, em desenvolvimento pela Arquiteta e Urbanista Verônica López como parte dos requisitos para obter o título de Mestre no **Mestrado Profissional em Eficiência Energética e Sustentabilidade** com a orientação do Prof. Dr. Wagner A. Andreasi e apoio do **Laboratório de Análise e Desenvolvimento de Edificações da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul**.

Assim sendo, este questionário destina-se a identificar o padrão de uso, ocupação e o consumo de energia dos edifícios selecionados, onde sua participação é de extrema importância para o êxito do projeto, pelo que desde já agradecemos sua colaboração no preenchimento, cuja identidade será mantida em sigilo.

Os resultados obtidos serão de utilização restrita do Projeto de Pesquisa e de seus respectivos participantes no que lhe dizem respeito individualmente.

Dúvidas ?

Veronica López, Arquiteta e Urbanista.

(0973) 112 337
(0984) 519 454

verolopez1987@gmail.com

Informações de como preencher o questionário

Por favor, responda as questões de acordo com a realidade de sua sala ou unidade habitacional. Na questão 1 poderá existir mais do que uma resposta. No item 2.1 deve-se marcar o(s) período(s) de funcionamento ou uso da sala ou unidade ou unidade habitacional em cada dia da semana. Nos itens 2.2 e 2.3 deve-se marcar uma resposta para cada período.
No item 3, relativo aos equipamentos, marque os existentes na sala ou unidade habitacional, a quantidade e qual o período que ele fica ligado, podendo ser anotado mais de um período. Nos equipamentos relacionados ao número de vezes que ele é utilizado, marque apenas uma opção.
O item 4 é de extrema importância para a pesquisa, pois informa qual o consumo médio de energia na sua sala ou unidade habitacional. Essa informação você poderá encontrar facilmente na sua fatura de energia elétrica. Transcreva os valores os valores indicados na sua fatura nos campos do item 4 deste questionário.

Edifício: _____ Sala: _____

1- Atividade

1.1 – Qual(ais) a(s) atividade(s) desenvolvida(s) nesta unidade?

- Administração Advocacia Cobrança Consultoria
 Consultório Médico Consultório Odontológico Engenharia
 Laboratório ONG Representação Comercial
 Sindicato/Federação/Associação e etc. Outro. _____

2- Funcionamento

2.1 – Quais os períodos de funcionamento da unidade?

Período	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado	Domingo
Manhã	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tarde	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Noite	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

2.2 – Quantas pessoas trabalham por período nesta unidade?

Manhã	<input type="checkbox"/> 1 pessoa	<input type="checkbox"/> 2 pessoas	<input type="checkbox"/> 3 pessoas	<input type="checkbox"/> 4 pessoas ou mais
Tarde	<input type="checkbox"/> 1 pessoa	<input type="checkbox"/> 2 pessoas	<input type="checkbox"/> 3 pessoas	<input type="checkbox"/> 4 pessoas ou mais
Noite	<input type="checkbox"/> 1 pessoa	<input type="checkbox"/> 2 pessoas	<input type="checkbox"/> 3 pessoas	<input type="checkbox"/> 4 pessoas ou mais

2.3 – Quantas pessoas frequentam a unidade por dia em cada período?

Manhã	<input type="checkbox"/> de 1 a 4	<input type="checkbox"/> de 4 a 8	<input type="checkbox"/> de 8 a 14	<input type="checkbox"/> mais que 14
Tarde	<input type="checkbox"/> de 1 a 4	<input type="checkbox"/> de 4 a 8	<input type="checkbox"/> de 8 a 14	<input type="checkbox"/> mais que 14
Noite	<input type="checkbox"/> de 1 a 4	<input type="checkbox"/> de 4 a 8	<input type="checkbox"/> de 8 a 14	<input type="checkbox"/> mais que 14

3- Equipamentos

você possui ?	quantidade?	Quais os períodos de funcionamento do equipamento?		
		manhã	tarde	noite
<input type="checkbox"/> Ventilador				
<input type="checkbox"/> Lâmpada fluorescente				
<input type="checkbox"/> Lâmpada incandescente				
<input type="checkbox"/> Ar condicionado				
<input type="checkbox"/> Computador				
<input type="checkbox"/> Impressora				
<input type="checkbox"/> Fax				
<input type="checkbox"/> Geladeira				
<input type="checkbox"/> Outro				

você possui ?	quantidade?	Quantas vezes o equipamento é usado por dia?					
		1x	2x	3x	4x	5x	mais de 6x
<input type="checkbox"/> Fotocopiadora							
<input type="checkbox"/> Chuveiro elétrico							
<input type="checkbox"/> Cafeteira							
<input type="checkbox"/> Microondas							
<input type="checkbox"/> Lavadora de roupa							
<input type="checkbox"/> Freezer							
<input type="checkbox"/> Outro							

4- Consumo de Energia

4.1 – Qual o consumo médio de energia em kWh nos últimos 6 meses?

(Esta informação é muito importante e pode ser facilmente encontrada na sua conta de energia)

kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
←————— últimos seis meses —————→					