

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA URBANA

**ANÁLISE DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE UMA UNIDADE
HABITACIONAL EM CENÁRIOS DE OCUPAÇÃO URBANA EM
ARARAQUARA – SP, SOB A ÓTICA DO RTQ-C**

ORLANDO PEREIRA DA COSTA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Urbana.

Orientação: Prof. Dr. Érico Masiero

São Carlos

2020



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana

Folha de Aprovação

Defesa de Dissertação de Mestrado do candidato Orlando Pereira da Costa, realizada em 08/01/2020.

Comissão Julgadora:

Prof. Dr. Érico Masiero (UFSCar)

Prof. Dr. Victor Figueiredo Roriz (USP)

Prof. Dr. Ricardo Augusto Souza Fernandes (UFSCar)

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

O Relatório de Defesa assinado pelos membros da Comissão Julgadora encontra-se arquivado junto ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana.

Agradecimentos,

Primeiramente à Deus, o Grande Arquiteto do Universo, que me proporcionou determinação e saúde para concluir essa jornada.

Ao meu Orientador Érico Masiero, pela sua paciência e dedicação em auxiliar com as suas ideias, conceitos e conhecimentos, despertando o desejo pela pesquisa.

Aos demais Professores do Programa, que transmitiram os seus conhecimentos com maestria.

A Banca examinadora, que prontamente aceitaram o Convite e disponibilizaram o seu tempo para avaliação desse trabalho,

Agradecimento especial a Ex-Secretária de Desenvolvimento Urbano de Araraquara, professora Me. em Arquitetura e Urbanismo Alessandra de Lima, que com toda sua experiência, muito me auxiliou e orientou o início desse trabalho,

Aos meus Irmãos e Amigos, José Eduardo Sampaio e Marcos Zavaglio, que muito contribuíram em diversas etapas dos estudos,

Dedico esse trabalho à minha família, e apesar da distância, aos meus filhos Álvaro e José Augusto, e a todos os meus amigos e irmãos,

E em especial à minha esposa, pela paciência e compreensão, que me acompanhou incondicionalmente em todos os momentos dessa caminhada.

RESUMO

O sombreamento provocado pela volumetria construída e a verticalização de edifícios de uma área urbana, pode afetar os níveis de conforto humano. A organização dos elementos construídos para controle de índices de conforto é uma estratégia de projeto do espaço urbano, e deve ser considerado pelos envolvidos na construção, como arquitetos, engenheiros, eletricitas, empreendedores e os próprios usuários, que podem alterar com seus hábitos o desempenho energético da edificação. Os elementos do entorno a ser edificado, também devem ser utilizados pelos projetistas, fazendo o melhor uso da iluminação e ventilação natural e do sombreamento. O objetivo deste estudo é avaliar o nível de eficiência energética de uma unidade habitacional isolada sujeita ao sombreamento provocado por diferentes cenários de adensamento urbano. A Envoltória protege o interior da edificação, portanto quanto mais exposto o interior da edificação, maior a troca térmica permitida entre o interior e exterior. A qualidade da construção da Envoltória e seus materiais, podem proporcionar maiores trocas térmicas, ocasionando maiores ganhos de calor em climas mais quentes através da temperatura e da radiação solar, afetando os índices de conforto ambiental. O método foi baseado na avaliação do comportamento microclimático do recorte da Vila Harmonia em Araraquara SP, na elaboração de um cenário de ocupação urbana e na aplicação do processo de certificação definido pelo Regulamento Técnico de Qualidade – RTQ-C, para determinarmos a eficiência energética de uma unidade habitacional hipotética, de acordo com a sua classificação nos níveis de eficiência e os possíveis impactos do sombreamento no seu desempenho energético. Os resultados demonstraram que as alterações ambientais provocadas por possíveis transformações do espaço urbano nesse estudo de caso foram positivas e contribuíram para se atingir o nível “A” de eficiência energética. As edificações verticalizadas do entorno, funcionaram como um grande brise, proporcionando sombreamento da cobertura, paredes e aberturas. Os desenvolvedores do ambiente urbano podem fazer uso da Metodologia para auxiliar o estudo de impacto de vizinhança como instrumento para novos projetos, inserindo assim a projeção de sombras do entorno em unidades habitacionais horizontais ou verticais, podendo proporcionar uma melhor eficiência energética de futuros empreendimentos, e a mitigação de impactos negativos.

Palavras chave: sombreamento, verticalização, adensamento, microclima urbano.

Sumário

LISTA DE FIGURAS	6
LISTA DE TABELAS	8
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	9
1. INTRODUÇÃO.....	12
1.1. CONTEXTO ENTRE OCUPAÇÃO E IMPACTOS URBANOS EM ARARAQUARA, SP	18
3. OBJETIVO	20
3.1 OBJETIVOS SECUNDÁRIOS ESPECÍFICOS	21
4. MÉTODO 21	
4.1 CONTEXTUALIZAÇÃO REGIONAL E CLASSIFICAÇÃO LCZ	23
4.2 MONITORAMENTO MICROCLIMÁTICO.....	28
4.3 MODELAGEM DO CENÁRIO HIPOTÉTICO DE OCUPAÇÃO URBANA39	
4.4 MODELAGEM DE UMA UNIDADE HABITACIONAL	45
4.5. ANÁLISE DOS RESULTADOS DO RASTREAMENTO DE SOMBRAS	51
4.6 MODELAGEM DO CENÁRIO HIPOTÉTICO DE OCUPAÇÃO URBANA51	
5. O PROCEL EDIFICA - EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	78
5.1. INTRODUÇÃO À ETIQUETAGEM - RTQ-C	82
6. ANÁLISE DOS RESULTADOS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA84	
6.1 – ANÁLISE DOS PRÉ-REQUISITOS DA ENVOLTÓRIA	95
7. SISTEMA DE ILUMINAÇÃO – Procedimento de Cálculo.....	99
8. SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR	101
9 - PRÉ-REQUISITOS GERAIS E BONIFICAÇÕES.....	102
10. CLASSIFICAÇÃO GERAL DA EDIFICAÇÃO.....	103
10.2 CLASSIFICAÇÃO FINAL – UH – NÍVEL DE EFICIÊNCIA E PONTUAÇÃO TOTAL.....	105

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 109

ANEXOS 115

ANEXO I – TABELA DE ESQUADRIAS – VENTILAÇÃO NATURAL	115
ANEXO II – TABELA DE ESQUADRIAS – ÁREAS DE ABERTURAS	116
ANEXO III – RESUMO GERAL DAS ESQUADRIAS.....	117
ANEXO IV - ANÁLISE DA LCZ DOS PONTOS DE MEDIÇÕES	124

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Relação H/W
Figura 2 – Organograma do Método
Figura 3 – Mapa de Zoneamento Bioclimático Brasileiro
Figura 4 – Mapa do Estado de São Paulo - Municípios
Figura 5 – Localização do Bairro Vila Harmonia
Figura 6 – Bairro Vila Harmonia – Pontos de medição
Figura 7 – Gráficos de Temperatura e direção dos ventos
Figura 8 – Gráfico de Temperatura e Radiação Solar
Figura 9 – Gráfico de Direção dos Ventos
Figura 10 – Gráfico de velocidade dos ventos
Figura 11 – Câmera fotográfica Nikon Coolpix 4500
Figura 12 – Sensor HOBO U23 Pro V2
Figura 13 – Abrigo meteorológico RS 4
Figura 14 – Câmera termográfica Fluke Ti 400
Figura 15 – Coleta de dados climáticos - Ponto 1
Figura 16 – Coleta de dados climáticos - Ponto 2
Figura 17 – Coleta de dados climáticos - Ponto 3
Figura 18 – Coleta de dados climáticos - Ponto 4
Figura 19 – Coleta de dados climáticos - Ponto 5
Figura 20 – Fator de visão do céu – FVC
Figura 21 – Fotos aéreas (drone) Ponto 4 e 5
Figura 22 – LCZ Predominante no recorte
Figura 23 – Modelagem do recorte – Vila Harmonia

Figura 24 – Uso e ocupação do solo

Figura 25 – Fotos do recorte – Drone

Figura 26 – Planta Baixa dos pavimentos térreo e superior

Figura 27 – Planta de Corte AA

Figura 28 – Planta de Cobertura

Figura 29 – – Ambientes de Permanência prolongada

Figura 30 – Cenário atual de sombreamento

Figura 31 – Cenário MODERADO de sombreamento – Equinócio de Outono

Figura 32 – Projeção de sombras e movimento aparente do Sol – Equinócio de Outono

Figura 33 – Cenário MODERADO de sombreamento – Solstício de Inverno

Figura 34 – Projeção de sombras e movimento aparente do Sol – Solstício de Inverno

Figura 35 – Cenário MODERADO de sombreamento – Equinócio da Primavera

Figura 36 – Projeção de sombras e movimento aparente do Sol – Eq. da Primavera

Figura 37 – Cenário MODERADO de sombreamento – Solstício de Verão

Figura 38 – Projeção de sombras e movimento aparente do Sol – Solstício de Verão

Figura 39 – Gráficos de Análise de sombreamento do Equinócio de Outono, Solstício de Inverno e Equinócio da Primavera

Figura 40 – Gráficos de Análise de sombreamento do Solstício de Verão e Cenário de Sombreamento Moderado

Figura 41 – Cenário CRÍTICO de sombreamento – Equinócio de Outono

Figura 42 - Cenário CRÍTICO de sombreamento – Solstício de Inverno

Figura 43 – Cenário CRÍTICO de sombreamento –Equinócio da Primavera

Figura 44 – Cenário CRÍTICO de sombreamento – Solstício e Verão

Figura 45 – Gráfico de análise de sombreamento do Equinócio de Outono, Solstício de Inverno e Equinócio da Primavera

Figura 47 – Cenário atual de sombreamento

Figura 48 – Projeção das sombras – LESTE - OESTE

Figura 49 – Didática dos ângulos de sombreamento

Figura 50 – Análise de Projeção das sombras

Figura 51 – Planta de Elevação

Figura 52 –

Figura 53 – Níveis de eficiência e equivalente numérico

Figura 54 – Classificação do nível de eficiência

Figura 55 – Etiqueta ENCE – Etiqueta Nacional de conservação de energia

Figura 56 – Modelagem da Envoltória

Figura 57 – Ângulo vertical de auto sombreamento

Figura 58 – Ângulo horizontal de auto sombreamento

Figura 59 – Ângulo máximo considerado de proteção solar

Figura 60 – Ilustração do cálculo do IC – Índice de consumo

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dados de Temperaturas, Umidade Relativa e Radiação Solar

Tabela 2 – Sombreamento – Cenário Moderado – Equinócio de Outono e Solstício de Inverno

Tabela 3 - Sombreamento – Cenário Moderado – Equinócio da Primavera e Solstício de Verão

Tabela 4 – Sombreamento – Cenário Crítico – Equinócio de Outono e Solstício de Inverno

Tabela 5 – Sombreamento – Cenário Crítico – Equinócio da Primavera e Solstício de Verão

Tabela 6 – Tabela de horas de início da insolação na UH

Tabela 7 – Propriedades Termofísicas dos materiais usados na envoltória

Tabela 8 – Resistência térmica superficial interna e externa

Tabela 9 – Resistência térmica da câmara de ar não ventilada

Tabela 10 – Absortância da Envoltória

Tabela 11 – Área das fachadas Norte, Sul, Leste e Oeste

Tabela 12 – Ângulo de sombreamento AVS

Tabela 13 – Ângulo de sombreamento AHS

Tabela 14 – Variáveis da Envoltória

Tabela 15 – Tabela 3.2 e 3.3 do RTQ-C

Tabela 16 – Tabela 3.4 do RTQ-C

Tabela 17 – Níveis de eficiência - IC Máximo D e IC Mínimo – sem proteção solar

Tabela 18 – Resultado Geral – ICEnvoltória sem proteção solar

Tabela 19 – Análise dos Pré-Requisitos da Envoltória

Tabela 20 – Análise AVS para ângulo máximo de sombreamento – com proteção solar

Tabela 21 – Tabela 3.4 do RTQ-C

Tabela 22 – Níveis de eficiência com proteção solar

Tabela 23 – Resultado Geral ICEnvoltória com proteção solar

Tabela 24 – Potência instalada

Tabela 25 – Densidade de Potência instalada – DPI

Tabela 26 – Densidade de Potência instalada limite – DPIL

Tabela 27 – Equivalente numérico – DPI

Tabela 28 – Equivalente numérico do Sistema de condicionamento de ar

Tabela 29 – Resumo geral de eficiência energética da edificação

Tabela 30 – Pontuação e Nível de eficiência

Tabela 31 – Classificação final da UH

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Aenv – Área da Envoltória

AC – Área Condicionada

AHS – ângulo horizontal de sombreamento

ANC – Área não condicionada

AVS – Ângulo vertical de sombreamento

APcob – Área de projeção da cobertura

APe – Área de projeção do edifício

APP – Área de permanência prolongada

APT – Área de permanência transitória

ATot – Área total construída

AU – Área útil

BTU – Unidade de energia (*British Thermal Unit*)

CB3E – Centro Brasileiro de Eficiência Energética em edificações

CETESB – Companhia ambiental do Estado de São Paulo

CGIEE – Comitê gestor de indicadores e níveis de eficiência energética

CPA – CEPAGRI UNICAMP - Centro de pesquisas meteorológicas e climáticas, aplicadas a agricultura

C – Capacidade térmica

Cob - Cobertura

CT – Comissão técnica

DCI – Densidade de carga interna

DERI – Densidades de infraestrutura urbana

DPI – Densidade de potência iluminada

DPIL – Densidade de potência iluminada limite

EIA - Estudo de impacto ambiental

EIV – Estudo de impacto de vizinhança

EHBD NIA - Edificações horizontais de baixa densidade e Níveis de interferências ambiental inócuo e incômodo compatível.

ENCE – Etiqueta Nacional de Conservação de Energia

ENV – Envoltória

EqNum – Equivalente numérico

EVAD NIA – Edificações verticais de alta densidade e Níveis de interferência ambiental incômoda incompatível.

FA – Fator altura

FF – Fator forma

FS – Fator solar

FVC – Fator de visão do céu

GT – Grupo Técnico

H/W – Relação entre Altura (*Height*) e Largura (*Width*)

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ICenv – Indicador de consumo da Envoltória

IDHM – Índice de Desenvolvimento Humano Municipal

IA – Índice de aproveitamento

ICV – Índice de cobertura vegetal

IO - Índice de ocupação

IC – Índice de consumo

IP – Índice de permeabilidade

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia

LC – Lei complementar

LCZ – Zonas Climáticas Locais (*Local Climate Zones*)

NBR ABNT – Norma Brasileira – Associação Brasileira de Normas Técnicas

OIA – Organismos de inspeção acreditados – PBE Edifica

PAFo – Percentual de abertura da fachada Oeste

PAFt – Percentual de abertura das fachadas - Total

PBE – Programa Brasileiro de Etiquetagem

PDDPA – Plano Diretor de Desenvolvimento e Política Urbana e Ambiental de Araraquara

PMA – Prefeitura Municipal de Araraquara

PNUD – Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento

PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica

PT – Pontuação total

RAC – Requisitos de avaliação de conformidade

RIMA – Relatório de impacto ambiental

RIV – Relatório de impacto de vizinhança

RTQ-C – Regulamento Técnico de Qualidade para o nível de eficiência

RS – Radiação Solar

energética de edificações Comerciais

SEADE – Fundação Sistema Estadual de análise de dados

ST – Secretária Técnica

TA – Temperatura do AR

TO – Taxa de ocupação

UCob – Transmitância térmica da cobertura

UH – Unidade Habitacional

Upar – Transmitância térmica das paredes

UR – Umidade Relativa

UTC – Tempo Universal Coordenado (*Coordinated Universal Time*)

VTot – Volume total da edificação

ZB – Zona Bioclimática

ZBBR – Software de Classificação Bioclimática dos municípios Brasileiros

ZOPRE-AEIU-ACOP – Zonas predominantemente residenciais – Áreas especiais de interesse social – Área da cidade compacta de ocupação prioritária.

1. INTRODUÇÃO

As questões relacionadas ao clima urbano e seus efeitos sobre o homem aumentaram significativamente nas últimas décadas devido ao aquecimento global e o desenvolvimento de muitas atividades do cotidiano urbano. Isso tudo somado às intervenções espaciais ambientalmente danosas, que estão entre as principais causas da necessidade em se detectar os agentes causadores do desconforto térmico. Essas causas interferem diretamente no desempenho de várias atividades humanas e no elevado consumo energético das edificações.

Segundo Barbirato et al. (2015), o processo de urbanização deve ser fundamentado no redirecionamento do atual padrão de produção e consumo do espaço urbano, a partir da otimização da relação do homem com o meio natural e consequentemente, sobre a qualidade de vida. Esse fato exige cada vez mais a necessidade de desenvolvimento de estudos aplicados ao ambiente urbano e o aprimoramento de novos métodos de abordagem sobre a climatologia urbana, ampliando de tal forma os desafios científicos e tecnológicos relacionados ao planejamento espacial das cidades.

O crescimento urbano tem sido amplamente discutido pela administração pública em diversas esferas de governo. Um dos aspectos mais polêmicos abordados entre gestores públicos e sociedade civil se refere aos limites do adensamento através da verticalização. A divergência entre as opiniões coloca de um lado construtores, empresários e investidores do mercado imobiliário interessados, sobretudo, no aumento do potencial construtivo dos terrenos urbanos e, de outro, a sociedade civil preocupada com a qualidade do ambiente urbano, sendo que o poder público deve buscar meios de equilibrar as relações entre os diversos setores da sociedade e garantir a justiça no processo de formação das cidades.

O conceito de cidade compacta, aplicado em muitos Planos Diretores, deve ser cuidadosamente analisado, considerando, sobretudo as condicionantes macro climáticas de uma determinada região. Para Gonçalves e Duarte (2006), a cidade deve ser planejada e gerenciada para que os edifícios, em conjunto, tenham sua eficiência e desempenho otimizados, somando impactos positivos. Em geral, é necessário reduzir os custos de implantação da infraestrutura em áreas que podem permanecer ociosas durante muito tempo em determinadas regiões de baixa densidade populacional, ordenando assim a ocupação dos vazios urbanos.

Segundo NUCCI, (2001), o adensamento urbano é uma intensificação do uso e da ocupação do solo, proposto pelo Poder Público como medida de Planejamento, e pode ser justificado se a cidade apresentar áreas com a infraestrutura urbana ociosa (redes de água, luz, esgoto, telefone, gás encanado etc.). Os limites para o adensamento devem considerar a mistura de usos incompatíveis, a altura, proximidade das edificações e a qualidade ambiental. Outro critério é a deficiência em número, área, distribuição e qualidade da cobertura vegetal e da arborização de espaços de uso público, livres de edificação e com vegetação. As superfícies impermeáveis ocasionam, por exemplo, problemas no clima, muitas vezes causados pelo aumento da densidade demográfica, proporcionando diversos tipos de desconfortos.

Segundo Ultramari e Rezende (2008), a função social da propriedade urbana pode ser entendida como aquela cujo uso corresponde ao interesse explícito no Plano Diretor ou na lei de uso e ocupação do solo, com tipologia de uso e volume de construção mínimo, conforme a Zona onde o imóvel se insere.

O sombreamento provocado pela volumetria construída e verticalização dos edifícios têm relações diretas com os parâmetros de uma região climática, afetando os níveis de conforto, positivo ou negativo. Olgyay (1963), por exemplo, elaborou uma Carta Bioclimática para estudar a relação entre clima urbano e projeto arquitetônico, se tornando um dos pesquisadores pioneiros a estabelecer uma relação entre parâmetros de conforto ambiental e ambiente construído.

Observa-se também que o aumento do índice da densidade demográfica, por meio da verticalização, reduz a insolação dos edifícios com o aumento do sombreamento criando microclimas urbanos, alterando o conforto térmico da população e a eficiência energética das unidades habitacionais. Segundo Santamouris et.al, (2011), o clima urbano é um dos fatores a ser considerado no estudo das cidades, por influenciar diretamente nas condições do meio ambiente e sua interação com a sociedade. Portanto, intervenções no ambiente construído se justificam quando objetivam aprimorar as condições de conforto humano e a eficiência energética das edificações.

O Brasil tem avançado nas determinações para garantir a sustentabilidade, a participação da sociedade e a qualidade do ambiente urbano após a promulgação da Lei Federal nº 10.257/2001, Estatuto da Cidade. (BRASIL, 2001). Esta lei ofereceu recursos legais para o poder público municipal e para a sociedade civil interagirem

mais efetivamente nos processos de tomadas de decisão em relação à ocupação espacial sustentável das cidades brasileiras. Os Artigos de 36 a 38, estabelecem que os empreendimentos e atividades privadas ou públicas em área urbana devem ser objetos de estudo prévio de impacto de vizinhança (EIV). Seu Artigo 37 determina que o EIV será executado de forma a contemplar os efeitos positivos e negativos do empreendimento ou atividade quanto a qualidade de vida da população residente na área e suas proximidades, respeitando as questões mínimas de adensamento populacional, uso e ocupação do solo, valorização imobiliária, geração de tráfego e demanda por transporte público, ventilação e iluminação, paisagem urbana, patrimônio natural e cultural da cidade. Embora o país disponha de mecanismos legais para direcionar a ocupação urbana, como o Estatuto da Cidade, poucas cidades conseguem implantar políticas que considerem o microclima em suas prerrogativas construtivas.

Stewart & Oke (2012) definem Zonas Climáticas Locais como regiões de cobertura, material e atividade humana que abrangem centenas de metros a vários quilômetros em escala horizontal. Tal conceito tem contribuído com os estudos atuais de conforto ambiental e climatologia urbana por considerar todas as classes que emergem da divisão lógica do universo paisagístico. A ocupação urbana, e as alterações de áreas não urbanizadas, produziram grandes impactos na natureza, afetando o clima com o uso de materiais de construção e consequentemente o ser humano, a partir do adensamento urbano.

A verticalização é uma das principais formas de alteração do uso da infraestrutura urbana e da geometria urbana. Pressionada pela especulação imobiliária, determinadas regiões muito verticalizadas, trazem também como consequências a restrição de acesso ao sol com a redução do Fator de Visão do Céu – FVC, diminuindo a penetração da radiação solar nas camadas intra urbanas, além de alterar a velocidade dos ventos e o conforto térmico em geral.

Essas alterações se constituem na formação dos cânions urbanos, proporcionando mudanças climáticas em nível local. O sistema de classificação de ambientes urbanos por LCZ's proposto por Stewart e Oke (2012) teve como objetivo padronizar os estudos climáticos internacionalmente, tendo como base a paisagem urbana e rural, o clima, as tipologias construídas, a cobertura do solo e os materiais empregados nas construções, criando um sistema de classificação chamado de Zonas Locais Climáticas (LCZ – *Local Climate Zones*). Essas zonas são

caracterizadas sobre superfícies secas, com atmosfera calma, noites claras e relevo suave e se baseiam nos seguintes parâmetros:

- Fator de visão do céu – FVC
- Relação H/W – Altura e largura do cânion urbano
- Classe de rugosidade do terreno
- Percentual de áreas de superfícies edificadas
- Percentual de áreas de solos permeáveis
- Percentual de áreas de solos impermeáveis
- Admitância da superfície (fluxo de ar)
- Albedo – coeficiente de reflexão da energia solar
- Fluxo de calor antropogênico

A classificação da geometria urbana é determinada pela relação H/W (altura e largura da via) e o FVC (Fator de visão do céu) e segundo Oke, (1981), é a medida mais apropriada para a geometria da radiação de determinado local, pois representa a fração de céu disponível para a troca de calor, sendo a estimativa de área visível do céu à partir de um ponto de observação na malha urbana.

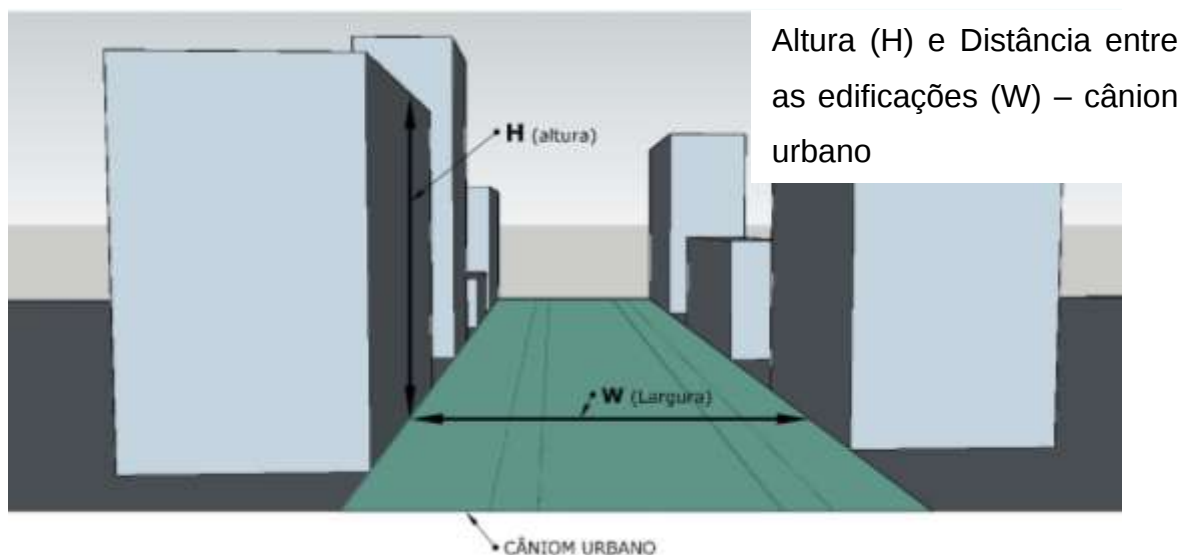


Figura 01: Relação H/W

Fonte: O Autor

A organização de elementos construídos para controle dos índices de conforto pode ser uma estratégia de projeto do espaço urbano, a qual deve considerar os efeitos provocados pelas áreas sombreadas dos volumes edificadas. Desta forma, se

torna necessário compreender a evolução da ocupação do solo e os impactos que o adensamento urbano pode proporcionar no entorno, procurando combater os efeitos danosos para o clima urbano e para a eficiência energética dos edifícios.

Segundo Mascaró (1991), da correta resolução do conjunto dos 4 fatores climáticos que afetam o desempenho térmico do edifício (temperatura, umidade, movimento do ar e radiação), resultam, além do conforto, na otimização dos consumos de energia da edificação, onde a orientação do edifício influi sensivelmente na quantia de calor por ele recebida; e o uso adequado da orientação em função da radiação solar implica em conforto para a edificação e menores consumos de energia.

Parâmetros como a relação H/W, o fator de visão do céu, a rugosidade do ambiente urbano e a volumetria arquitetônica são dinâmicos na cidade e se alteram de acordo com as premissas de um plano diretor, o qual está sujeito, por sua vez, a interesses econômicos, sociais e ambientais.

Para Barbirato et al. (2015), o processo de urbanização deve ser fundamentado no redirecionamento do atual padrão de produção e consumo do espaço urbano, a partir da otimização da relação do homem com o meio natural. A discussão na otimização dos espaços urbanos está no adensamento e os impactos na qualidade ambiental das edificações e no meio urbano. A racionalização do uso de energia elétrica nas unidades habitacionais exige estudos das intervenções arquitetônicas e é necessário o conhecimento das características climáticas da região; clima urbano e meio urbano natural. O planejador urbano deve buscar informações sobre parâmetros climáticos, como insolação, ventilação natural, que podem servir para diversas tipologias urbanas, relacionadas ao conforto térmico e o desempenho energético da edificação. Não se deve pensar na eficiência energética e qualidade ambiental isolada dos diversos parâmetros que influenciam em seu desempenho na cidade.

Chen & Ng (2011), demonstraram por meio de mapas climáticos, como as modificações na geometria urbana e no adensamento construtivo em Hong Kong têm afetado os padrões de ventilação urbana e, consequentemente, as condições de conforto humano. De posse desta informação, torna-se imprescindível a realização de estudos no Brasil com o objetivo de traçar estratégias construtivas, tanto para edificações quanto para a ocupação do espaço urbano, aproveitando ao máximo os recursos naturais de uma determinada região.

Para Roriz (2001), o clima é uma integração do conjunto de condições atmosféricas típicas de um dado lugar. Mesmo sendo um lugar muito próximo ao outro, dificilmente as condições climáticas são idênticas, assim como os ambientes de uma edificação não possuem as mesmas características de iluminação, ventilação e insolação.

De acordo com Barbugli, (2004) a maior dificuldade na análise da influência da ocupação urbana nas variações de temperatura do ar em Araraquara, foi a ausência de dados climáticos, sendo necessário usar dados históricos do Aeroporto Bartholomeu de Gusmão e medidas históricas da N.A.S.A dos últimos 30 anos.

Sendo assim, torna-se fundamental compreender como as áreas sombreadas afetam as condições de conforto térmico e eficiência energética nas edificações, pois a dinâmica de ocupação urbana pode deixar o edifício suscetível às construções do entorno seguindo as regras atuais do Código de Obras.

Para estudos de estratégias de projeto de edificações na obtenção de conforto ambiental interno e eficiência energética, a NBR 15.220, ABNT (2005), estabeleceu critérios e parâmetros construtivos considerando 8 zonas climáticas no Brasil. Assim ao definir o Zoneamento Bioclimático Brasileiro, esta norma técnica propõe recomendações e características construtivas para que edificações estejam de acordo com as condições climáticas na qual está situada. A NBR 15220, ABNT (2005), determina ainda os valores limites para propriedades termo físicas das vedações em função da zona bioclimática. Tais critérios de desempenho foram estabelecidos com base em condições naturais de insolação, nas propriedades térmicas dos materiais para paredes e coberturas, e no posicionamento e dimensionamento de aberturas para ventilação e iluminação. O desempenho térmico, em geral, depende de diversos fatores e características do local da obra como, topografia, temperatura, umidade do ar, direção e velocidade do vento, além dos materiais constituintes, do número de pavimentos, das dimensões dos cômodos, do pé direito e da orientação das fachadas.

Chvatal & Roriz (2013) consideram a necessidade de se aprimorar os mecanismos de definição de estratégias bioclimáticas para edificações, pois muitas das informações dispostas nas normas não são claras o suficiente, dando margem a equívocos e diferenças significativas nas avaliações do ambiente construído. Apesar da falta de consenso da academia, os dispostos pelas normas NBR ABNT 15.220-3, (2005) e NBR ABNT 15.575, (2013) têm sido amplamente aplicadas, considerando as

caraterísticas ambientais microclimáticas e os possíveis efeitos causados pelo clima urbano nas condições de conforto e eficiência das edificações.

1.1. Contexto entre ocupação e impactos urbanos em Araraquara, SP

O recorte urbano proposto para este estudo se justifica a partir de conflito de interesses existentes entre investidores do mercado imobiliário e a sociedade civil a qual exige garantias quanto a qualidade urbana em um bairro de Araraquara. Tal conflito se acirrou a partir das discussões relativas à revisão do PDDPA no ano de 2014 nas quais investidores e especuladores do mercado imobiliário vêm pressionando o poder público em permitir gabaritos mais elevados em áreas residenciais, fato recorrente em muitas cidades brasileiras. De um lado, estão aqueles favoráveis ao aumento do gabarito de verticalização, e o aumento do aproveitamento da infraestrutura urbana, argumentando a respeito da valorização dos imóveis aos atuais proprietários. De outro, estão moradores representados pela Associação de Bairro que esperam uma participação pública maior e estudos mais técnicos e específicos referentes aos impactos gerados pelo adensamento urbano. Em geral, tais moradores se sentem prejudicados pela redução da qualidade de vida, privacidade e pelas possíveis alterações no conforto ambiental que o adensamento possa causar ao bairro.

As diretrizes do PDDPA (2005), instituem o direito a cidade sustentável e o planejamento urbano e ambiental integrado às dinâmicas sociais, desta forma, estabelece critérios para o controle do uso do solo procurando evitar conflitos na utilização do espaço urbano. Existindo também o cuidado com a implantação de novos empreendimentos ou atividades com efeitos potencialmente negativos ao conforto e a segurança da população. O Regime Urbanístico do uso do solo urbano, em seu artigo 125, por exemplo, contempla o parcelamento, uso e volumetria compatíveis, bem como as condições de conforto. O Artigo 126, seção I determina o gabarito ou altura das edificações, e o artigo 128 elenca os parâmetros urbanísticos e índices de aproveitamento, ocupação, permeabilidade do solo, cobertura vegetal entre outros.

Entre os elementos exigidos na aprovação de projetos de edificações na cidade estão os relatórios de impacto de vizinhança (EIV) e ambiental (EIA) que devem determinar os principais efeitos positivos e negativos de um empreendimento ou atividade na qualidade da vida da população residente em suas proximidades. O

PDDPA, menciona, por exemplo, que os impactos na ventilação urbana, na iluminação natural, na paisagem urbana e no patrimônio natural e cultural devem ser mensurados de forma a apresentar um conjunto de informações destinadas à população afetada por um determinado empreendimento.

A Lei complementar LC 850 de 11 de fevereiro de 2014, autógrafo nº 014/14, Projeto de Lei complementar nº 009/13 da Prefeitura Municipal de Araraquara em sua Seção VI – da Energia e Iluminação Pública, Art. 96 -Item III considera implementar programas de redução de consumo energético, aprimorando o projeto das edificações, estimulando a ventilação e iluminação natural. Em seu capítulo I do Título III, da estrutura urbana, modelo espacial e uso do solo, o item III esclarece que o PDDPA promove e valoriza a cidade compacta e sustentável, com controle adequado e apropriado de densidades urbanas.

O Capítulo II, Art. 120, constituem objetivos e as diretrizes do modelo espacial e uso e ocupação do solo urbano. O controle, monitoramento, promoção e produção da cidade é feito por meio de instrumentos urbanísticos instituídos no PDDPA como forma de incentivar a ocupação de áreas urbanas não edificadas. Desta forma é estimulado o desenvolvimento urbano sustentável, determinando a formação de uma cidade compacta, sustentável, com a área urbana com intensa ocupação, considerando também a cidade compacta com uma maior equidade e justiça socioambiental.

O adensamento controlado nos zoneamentos estabelece o parcelamento, o uso e volumetrias compatíveis com as áreas, considerando as condições de conforto ambiental, ordenando. Para isso são aplicados o IA - índice de aproveitamento, IO índice de ocupação, IP – índice de permeabilidade, ICV – índice de cobertura vegetal, gabarito – altura das edificações, a densidade líquida e códigos de atividades por nível de incômodo.

A forma espacial é tratada no Art. 195. Capítulo I, como sendo as formas arquitetônicas sustentáveis, e que tem a capacidade de alterar a densidade urbana apropriada para uma cidade compacta e sustentável, e a variação de tipologias habitacionais altera a infra estrutura e urbanização, geração de energia, administração de microclimas e estimula o uso de iluminação e ventilação natural.

Em entrevista com a Ex- Secretária de Desenvolvimento Urbano de Araraquara, Alessandra de Lima, conhecemos os índices Urbanísticos, IUSO – Índice de uso do solo, IPFI – índice Plano Figura. IPFU – Índice Plano Fundo e DERI –

Densidade Espacial das Redes de Infra Estrutura. Tais índices tem a função de instrumentalizar a análise por desempenho da área urbanizada, permitindo diagnosticar a eficiência do desempenho urbano, principalmente nas cidades que priorizam o uso misto do solo.

Esses índices não são aplicados nas análises de projetos, como os índices urbanísticos de controle de ocupação do lote, tais como recuos, permeabilidade, aproveitamento, etc..., porém são fundamentais no Planejamento Urbano de novas áreas a serem urbanizadas e para a aprovação de projetos de edifícios em áreas consolidadas.

Em Audiência Pública, foram apresentados alguns exemplos e simulações de densidade bruta de bairros aprovados antes do Plano Diretor e as propostas de alterações, que permitem novas formas de ocupação do solo, em que aumentam a permeabilidade em até 30%, indiferente de soluções como poços de retenção que são medidas mitigadoras na infra estrutura urbana, como drenagem urbana.

Alguns exemplos de Taxas de ocupação de 45% poderiam chegar a 70% de ocupação, e o Índice de permeabilidade a 30%, assim, com esta densidade os índices passariam a estar coerentes com a intenção de habitação social com ênfase em permeabilidade do solo.

Ainda destacou a importância dos índices urbanísticos relacionados a densidade permitida nas diversas Zonas, onde a permeabilidade é proporcional a dimensão dos lotes.

Avaliamos que a revisão proposta no PDDPA, tem como objetivo incentivar o adensamento urbano através da verticalização e a ocupação de vazios urbanos em áreas consolidados.

3. OBJETIVO

O objetivo é avaliar se uma unidade habitacional pode ter suas condições de eficiência energética afetadas pelo sobreamento ocasionados pelo autosombreamento, proteção solar ou do entorno imediato. Assim, a proposta é avaliar o desempenho termoenergético de uma unidade habitacional hipotética, isolada em um recorte urbano da cidade de Araraquara em uma zona predominantemente residencial, chamada de Vila Harmonia, e estimar o efeito do sombreamento nos níveis de eficiência energética sob cenários de ocupação urbana

verticalizado, através da metodologia proposta pelo RTQ-C e de acordo com as regras construtivas estabelecidas pelo PDDPA (2014).

3.1 OBJETIVOS SECUNDÁRIOS ESPECÍFICOS

- Estabelecimento de um cenário de sombreamento no recorte urbano da Vila Harmonia para o rastreamento das sombras.
- Modelagem de um edifício com os índices máximos de ocupação e aproveitamento.
- Aplicação dos índices de ocupação e aproveitamento sugeridos na revisão do PDDPA para verticalização do recorte.

4. MÉTODO

O método deste estudo foi desenvolvido para avaliar o nível de eficiência energética de uma unidade habitacional isolada sujeita ao sombreamento provocado por diferentes cenários de adensamento urbano, considerando as possíveis alterações de conforto ambiental que podem ser ocasionadas pelo desempenho da Envoltória, de acordo com os níveis de eficiência alcançados pela unidade habitacional na aplicação do RTQ-C.

Etapas:

- 1) LCZ
- 2) Análises climáticas
- 3) Modelagem do cenário de ocupação
- 4) Modelagem da Unidade Habitacional – UH
- 5) Classificação da Unidade Habitacional aplicando o RTQ-C

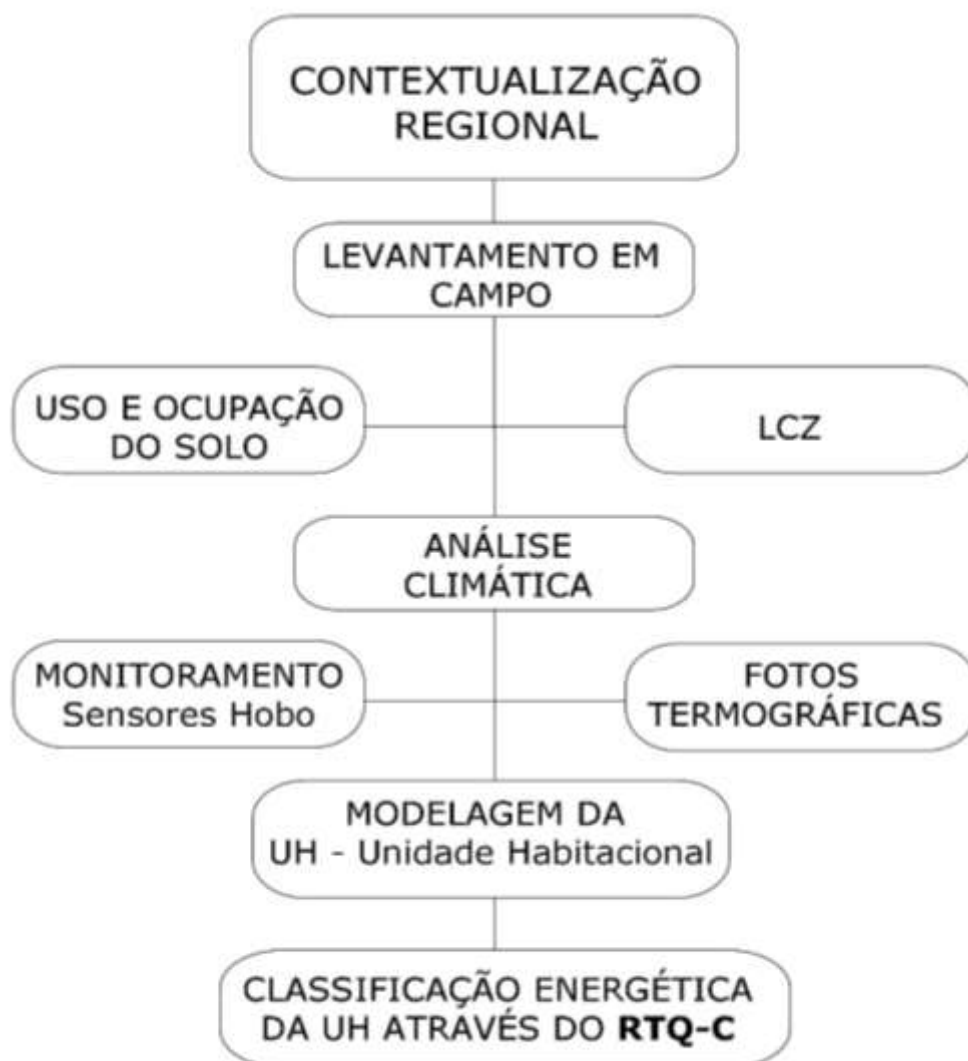


Figura 02: Organograma do Método

Fonte: O Autor

1) Contextualização regional e classificação espacial através do sistema LCZ proposto por Stewart e Oke (2012) de um recorte urbano na Vila Harmonia em Araraquara.

2) Análise climática de Araraquara, através de um arquivo de simulação computacional do tipo epw da cidade de Casa Branca – SP, situada na mesma Zona Bioclimática (4), com apenas 20 metros de diferencial de altitude e clima semelhante à cidade de Araraquara, que não possui os dados em epw, da Estação do INMET. Monitoramento da temperatura do ar e da umidade relativa do ar em 5 pontos do recorte urbano, comparando a variação com os valores de referência disponibilizados pela estação meteorológica da CETESB para se conhecer os principais fatores de influência no microclima.

3) Modelagem de um cenário hipotético (moderado) de ocupação urbana de acordo com as regras construtivas atuais estabelecidas pelo PDDPA (2014), e um cenário (crítico) considerando o máximo potencial de ocupação do lote e densidade bruta hipotética, para o rastreamento em m² e horas de sombras provocadas na vizinhança por tal cenário.

4) Modelagem de uma Unidade Habitacional hipotética com 2 pavimentos, similar a maioria das edificações encontradas no Bairro, para o rastreamento de horas sombreadas.

5) Classificação energética da UH – Unidade habitacional, aplicando o RTQ-C, Regulamento considerado devido as alterações de uso das residências detectadas na pesquisa “in loco”, verificando a maior permanência dos usuários em sua residência. Essa mudança de habito é provocada pelo envelhecimento da ocupação do Bairro, o trabalho do tipo *home office*, e a Classe Social predominante, que faz uso de Condicionadores de Ar e de Sistemas Solar de Aquecimento de água.

4.1 Contextualização Regional e Classificação LCZ

Este tópico se dedica a descrever a contextualização da ocupação urbana de Araraquara, suas características climáticas e a análise das premissas construtivas do Plano Diretor Municipal, assim como os índices urbanísticos indicados para o bairro Vila Harmonia e os mecanismos legais aplicados para o controle da qualidade ambiental urbana.

A Tabela de Valores das propriedades de cobertura da superfície para as zonas climáticas locais - LCZs consideram esses parâmetros onde todas as propriedades são sem unidade, exceto a altura dos elementos de rugosidade (m). A divisão da paisagem é feita em dois conjuntos, *Built Type de 1 a 10*, considerando as características das edificações, densidade de ocupação, vegetação e pavimentação, características da vegetação, elementos naturais e cobertura do solo. Para o conjunto de Cobertura do Solo (*Land Cover de A-G*) a configuração do recorte em estudo urbano que mais se adequa é a LCZ 6.

Araraquara está situada na Latitude: 21° e 28” e Longitude 48° 5” e altitude de 660 metros, a 270 km da cidade de São Paulo e compõe uma das regiões mais desenvolvidas do estado, a qual tem a economia baseada em um diversificado parque tecnológico industrial, no agro negócio e na prestação de serviços. Possui elevados índices de desenvolvimento urbano com IDHM – Índice de Desenvolvimento Humano Municipal – de 0,815 de acordo com o PNUD (2010).

O município possui uma área total de 1.003,625 km² e grau de urbanização de 97,16% segundo dados do Censo Demográfico 2010 (IBGE, 2017), a cidade conta com uma população estimada de 224.304 habitantes.

O clima de Araraquara apresenta segundo a classificação climática de Köppen , pertencer ao tipo Aw, tropical chuvoso com inverno seco e mês mais frio com temperaturas médias superior a 18°C, e o mês mais seco tem precipitações inferiores a 60 mm, e com período chuvoso que se atrasa para o outono, disponível em Centro de Pesquisas Meteorológicas Climáticas aplicadas a Agricultura – CPA Unicamp. (CPA, 2017). A área de estudo está localizada na Zona Bioclimática 4 de acordo com a ABNT 15220 (2005).

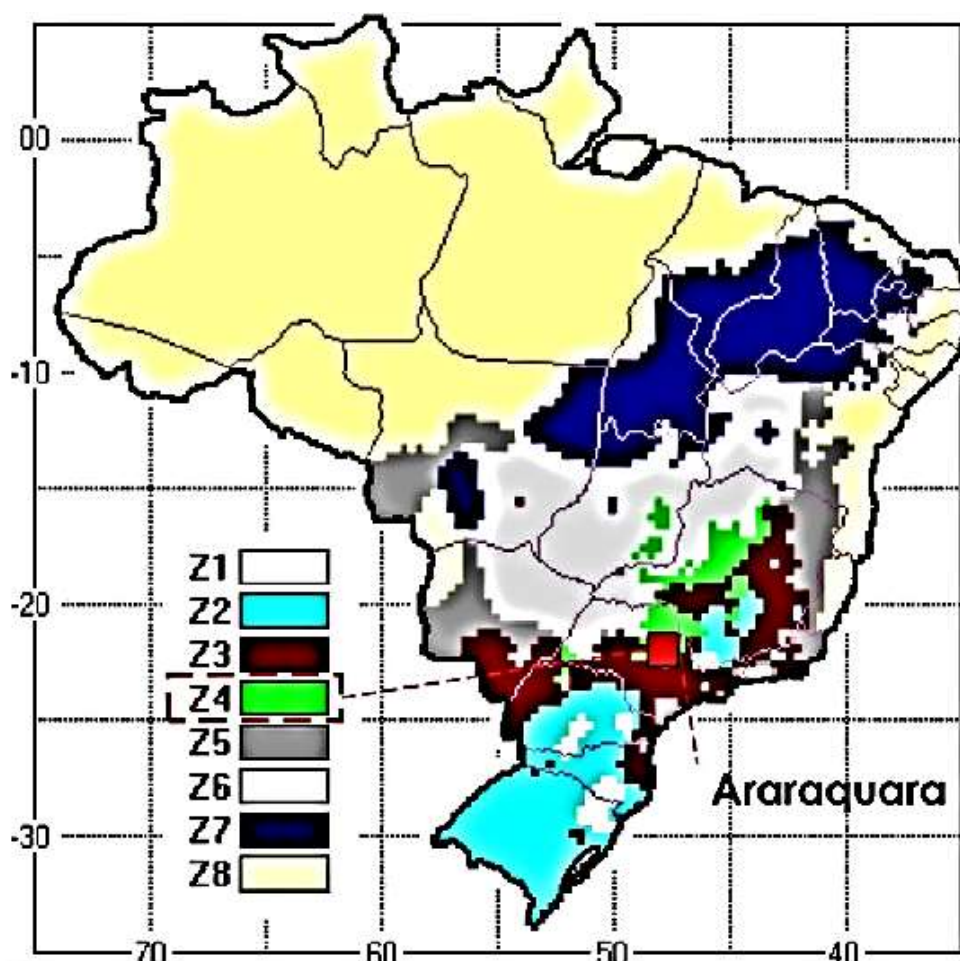


Figura 3: Mapa de Zoneamento Bioclimático Brasileiro

Fonte: O Autor



Figura 04: Mapa do Estado de São Paulo

Fonte: [https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/araraquara/panorama\(2017\)](https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/araraquara/panorama(2017))

O Bairro Vila Harmonia pertence a uma Zona predominantemente residencial, de acordo com o PDDPA (2014) com áreas de especial interesse urbanístico, onde são permitidas as atividades de níveis de interferência ambiental até o nível 1, ou seja, uso comercial não-incômodo, exceto nas vias consideradas corredores comerciais.

Para avaliação dos possíveis efeitos do sombreamento da unidade habitacional, foi adotado o recorte urbano situado na Vila Harmonia, bairro que desde a sua origem foi considerado como uma região de alto padrão, com característica predominantemente residencial horizontal de 2 pavimentos e edificações isoladas no lote.

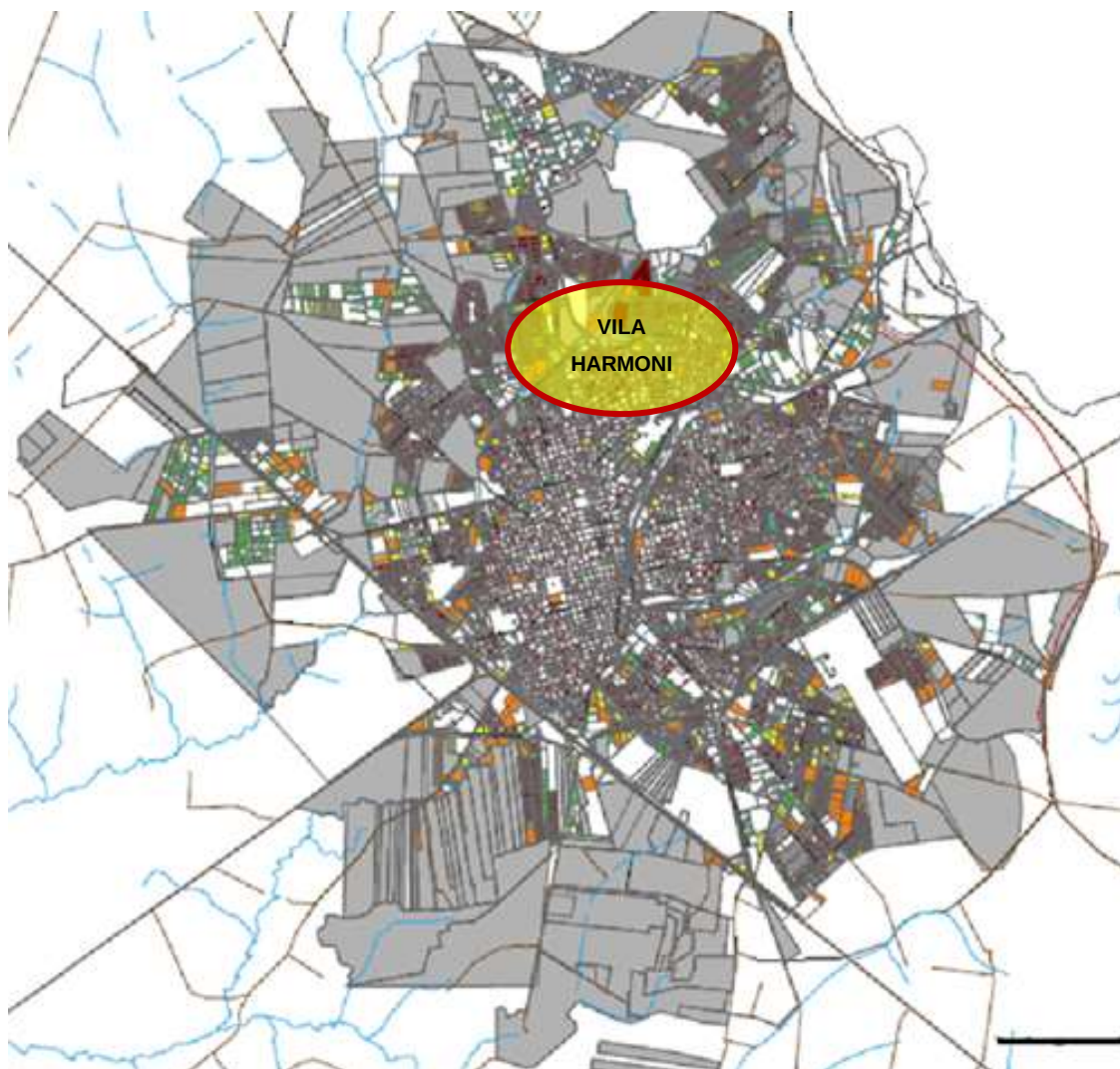


Figura 5 – Localização da Vila Harmonia

Fonte: Secretaria de Desenvolvimento Urbano (Ano 2018)

Nos últimos anos, o êxodo de moradores da região é considerado muito alto e o setor imobiliário atribui essa mudança ao perfil das famílias que preferem residências de proporções menores em condomínios horizontais fechados, em regiões periféricas da cidade. Com o processo de desocupação, o bairro ficou mais vulnerável a degradação de grandes imóveis desocupados e aumentando a falta de segurança da região, ocorrendo novas ocupações comerciais principalmente de clínicas da saúde, alterando o perfil de ocupação do bairro

A densidade líquida prevista no PDDPA para a Zona 2B é de 700 (hab./ha) e das Avenidas Bento de Abreu e Av. Napoleão Selmi-Dei, que interligam os bairros é de 350 (hab./ha). O número de habitantes por hectare e os estudos de EIV e EIA

exigidos, também podem restringir a altura dos edifícios, indiferente do índice aproveitamento.

Os pontos de coleta de dados foram selecionados por apresentarem características distintas entre si em relação ao tipo predominante de construção, ao uso, a altitude e à vegetação.



Figura 6: Bairro Vila Harmonia – Pontos de medições
Fonte: Google Earth Pro (2018)

4.2 Monitoramento Microclimático

O monitoramento da variação da temperatura do ar, da umidade do ar de referência foi realizado através dos dados fornecidos pela estação meteorológica da CETESB, assim como os dados de radiação solar, direção e velocidade do vento e a análise climática de um arquivo epw da cidade de Casa Branca – SP, situada na mesma Zona Bioclimática (4), com apenas 20 metros de diferencial de altitude e clima semelhante a cidade de Araraquara que não possui os dados simulados em epw, da Estação do INMET .

Durante o período de análise de 30 dias entre os meses de Janeiro e Fevereiro, segundo os dados climáticos da estação meteorológica da CETESB de Araraquara, houve apenas uma entrada de frente fria entre os dias 06 e 12 de Janeiro, sendo que até o dia 06 de Fevereiro predominou a ação da Massa de ar Tropical Atlântica. A massa tem como característica temperaturas elevadas, céu aberto na maior parte do período, ventos predominantes moderados variando nas direções Nordeste e Sudeste. Figuras 8, 9, 10 e 11.

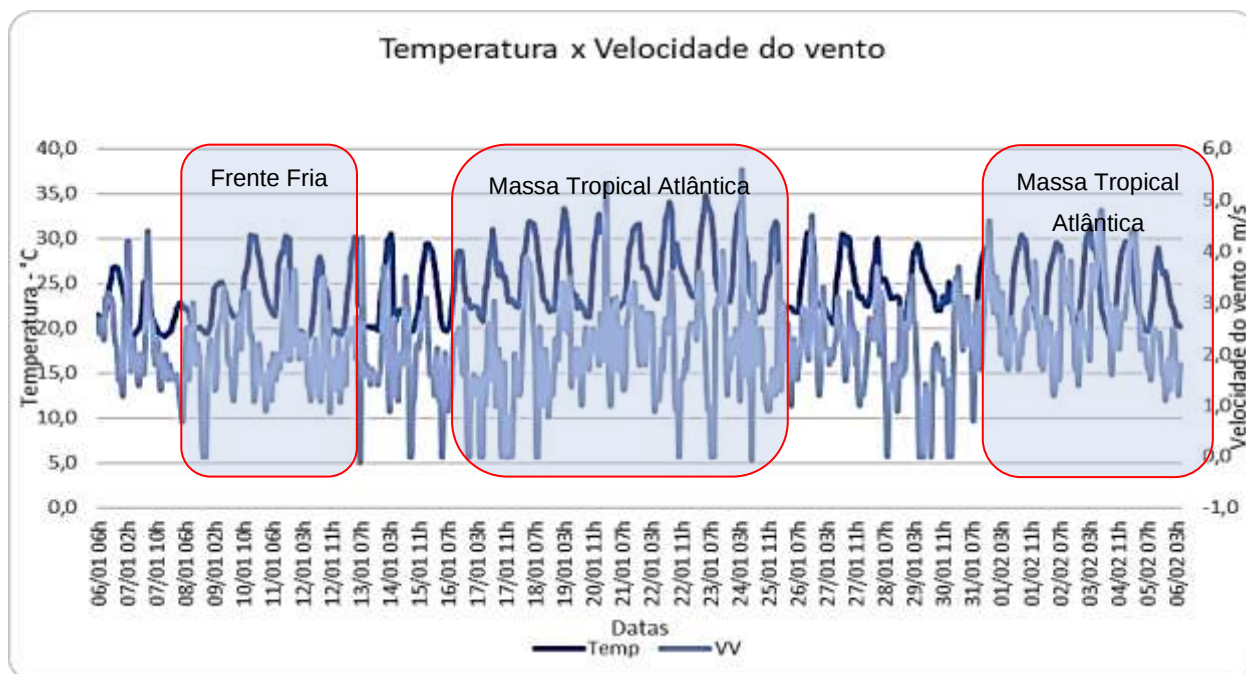


Figura 7: Gráficos de Temperatura e direção do vento coletados na estação climática da CETESB Araraquara de 06/01 à 06/02/2018

Fonte: o Autor

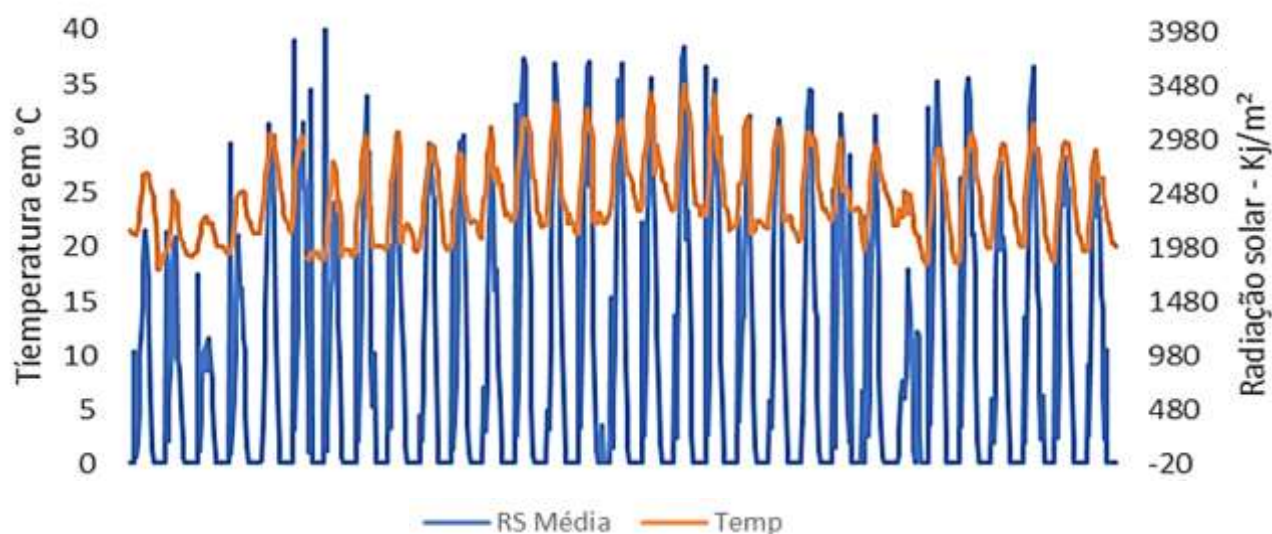


Figura 8: Gráfico de Temperatura e Radiação Solar do período de 06/01 à 06/02/2018 – Médias da Estação automática de Ibitinga, Pradópolis e São Carlos - INMET

Fonte: o Autor

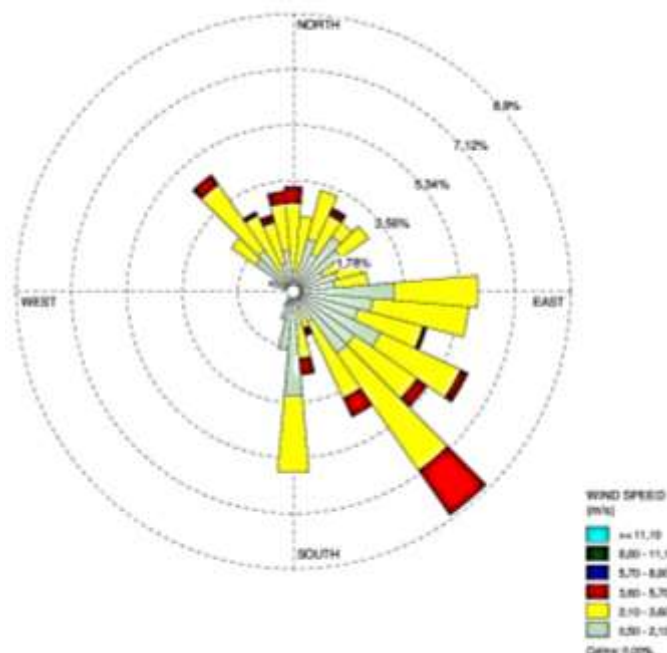


Figura 09: Gráfico de Direção dos ventos - Rosa dos Ventos no período de 06/01/2018 à 06/02/2018 –

Fonte: a partir do Software WRPlot Version 8.0 Disponível em [http:// www.webLakes.com](http://www.webLakes.com)

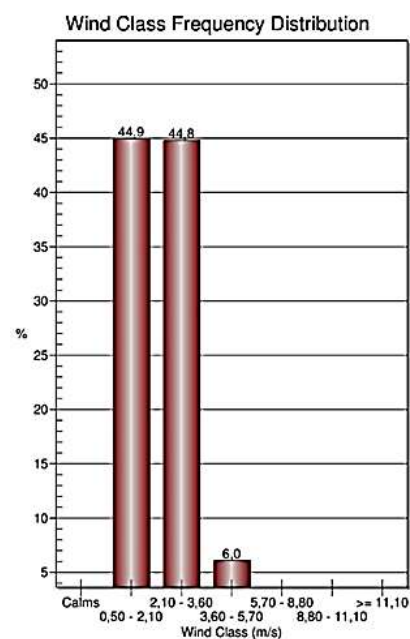


Figura 10 - Gráfico de Velocidade do vento no período de 06/01/2018 à 06/02/2018

Fonte: gerado a partir do Software WRPlot Version 8.0 Disponível em [http:// www.webLakes.com](http://www.webLakes.com)

As imagens para caracterizar o Fator de Visão do Céu – FVC – foram determinadas a partir das imagens geradas por uma câmera fotográfica Nikon CoolPix 4500, na qual foi acoplada uma lente olho de peixe modelo FC-E8 0,21x, posicionada a 1,5m do solo, alinhada verticalmente para cima. As imagens foram tratadas posteriormente no programa computacional Rayman 1.2 desenvolvido por Matzarakis (2009), conforme as recomendações de Matzarakis et. al. (2010).



Figura 11 – Câmera fotográfica Nikon CoolPix 4500

Os dados de temperatura e umidade do ar intra-urbanos foram coletados de hora em hora com os sensores HOBO Pro V2 U23-001, colocados dentro de escudos ventilados de PVC conforme recomendações e especificações do fabricante. (Figuras 12 e 13).

As especificações técnicas do fabricante (ONSET Brasil, 2013) consistem em Faixa de operação: entre -40 °C a 70 °C, Precisão: 0,2 °C acima de 0 °C até 50 °C, resolução: 0,02 °C a 25 °C e Tempo de resposta de 40 min no ar em movimento de 1 m/s.

Foram geradas imagens térmicas infravermelhos como amostragem da temperatura das superfícies dos 5 pontos em horários distintos com a câmera termográfica Fluke Ti400.



Figura 12 - Sensor HOBO U23 Pro V2



Figura 13 - Abrigo Meteorológico RS4



Figura 14 - Câmera termográfica Fluke Ti400

Os cinco sensores de Temperatura e Umidade do ar foram posicionados conforme os exemplos das figuras 16, 17, 18, 19 e 20.

HOBO Datta Loggers com escudo
contra radiação solar



Captação de
água DAAE

Área de
estudo



Figura 15: Ponto 1

Fonte: Adaptado de PMA (2015)

HOBO Datta Loggers com escudo
contra radiação solar



Captação de
água DAAE

Área de
estudo

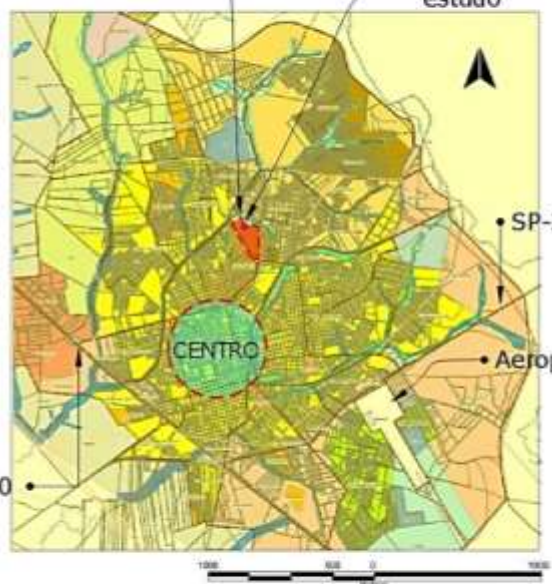


Figura 16: Ponto 2

Fonte: Adaptado de PMA (2015)

HOBO Datta Loggers com escudo
contra radiação solar



Figura 17: Ponto 3

Fonte: Adaptado de PMA (2015)

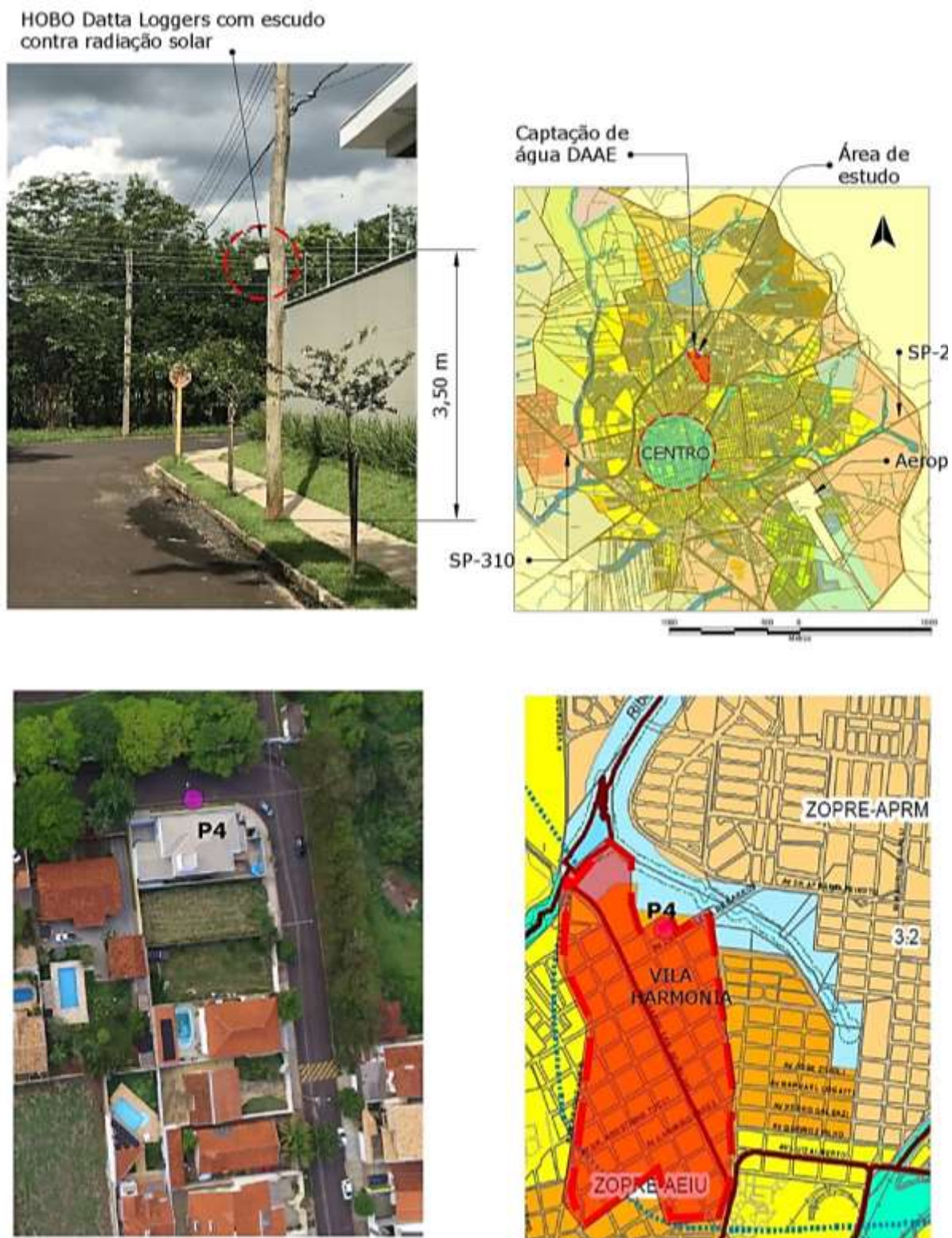


Figura 18: Ponto 4

Fonte: Adaptado de PMA (2015)

HOBO Datta Loggers com escudo
contra radiação solar

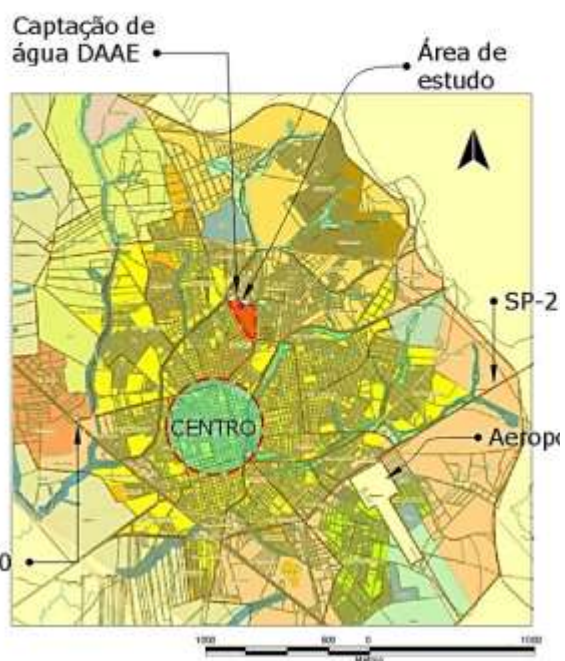


Figura 19: Ponto 5

Fonte: Adaptado de PMA (2015)

Os cinco pontos selecionados para a avaliação microclimática estão aproximadamente 500 m. um do outro, e possuem valores de Fator de Visão

do Céu entre 0,58 e 0,78 e as imagens termais apresentam uma amostragem das temperaturas dos planos verticais da fachadas das edificações conforme a figura 21.

Lembrando que as imagens para caracterizar o Fator de Visão do Céu – FVC – foram determinadas a partir das imagens geradas por uma câmera fotográfica Nikon CoolPix 4500, na qual foi acoplada uma lente olho de peixe modelo FC-E8 0,21x, posicionada a 1,5m do solo, alinhada verticalmente para cima. As imagens foram tratadas posteriormente no programa computacional Rayman 1.2 desenvolvido por Matzarakis (2009), conforme as recomendações de Matzarakis et. al. (2010).

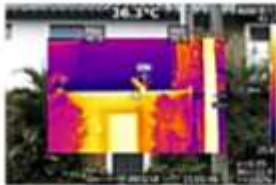
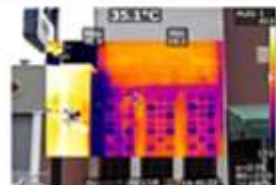
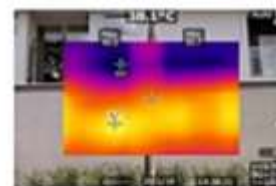
Ponto	FVC	Foto termal
1	0,65	
2	0,65	
3	0,78	
4	0,58	
5	0,75	

Figura 20: Fator de Visão do Céu e imagens termográficas

Fonte: o Autor

A variação da temperatura nos cinco pontos demonstraram a ocorrência da maior amplitude térmica registrada pela Estação meteorológica da CETESB, a qual foi utilizada como padrão de referência.

Foi detectado também que os pontos 4 e 5 por estarem posicionados próximos as massas vegetadas (Figura 22) e nas cotas mais baixas do bairro apresentaram a menor amplitude térmica nos horários mais quentes do dia, devido ao fato de ser o ponto mais susceptível a ação do sombreamento provocado pela vegetação do entorno. Inclusive a ação da umidade do corpo d'água que está situado a menos de 100m. proporcionou a menor temperatura de 22°C registrada as 15:00 quando os outros pontos registravam em até 5°C acima.

As áreas mais adensadas, como os Pontos 1, 2 e 3 apresentaram temperaturas mínimas mais elevadas durante o periodo de análise, sendo portanto, os que estão mais sujeitos a ação da incidência da radiação solar mais intensa, dispondo de poucos recursos de vegetação para o arrefecimento do ambiente urbano.



Figura 21: Fotos aéreas – Pontos 4 e 5 (drone)

Fonte: o Autor

Tabela 1 - Dados de Temperatura, Umidade Relativa e Radiação Solar**Fonte:** o Autor

Tabela de coleta de dados - Analise microclimática							
Período	Temp °C	P1	P2	P3	P4	P5	Estação
de 06/01 a 04/02/18	Min	17,2	18,7	19,0	18,6	19,0	18,7
	Med	24,5	24,3	24,7	24,3	24,8	24,5
	Max	32,7	32,7	32,6	32,3	33,4	32,2
Período	UR	P1	P2	P3	P4	P5	Estação
de 06/01 a 04/02/18	Min	43,7	44,2	43,6	44,7	44,7	38,7
	Med	77,1	78,4	75,5	77,0	76,7	70,5
	Max	98,5	99,4	97,1	97,9	98,6	94,3

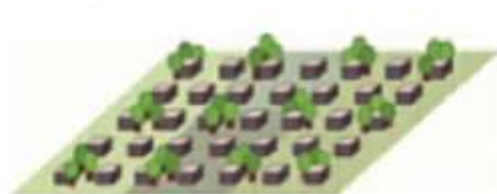
Média do período
de 06/01 a 04/02/18

UR RS

38,7	-3,5
70,5	959,1
94,3	4063,7

Tais parâmetros apresentados pelo espaço construído do recorte da Vila Harmonia oferecem características similares à uma LCZ 6b, Open Low Rise e Land Cover B predominantemente.

6. Open low-rise



B. Scattered trees



LCZ 6 – Open Low-Rise e Land Cover B predominante no recorte.

Figura 22 – LCZ Predominante no recorte**Fonte:** Adaptado de Stewart & Oke (2012)

4.3 Modelagem do cenário hipotético de ocupação urbana

O cenário de sombreamento provocado pelo ambiente urbano foi modelado em uma quadra urbanizada do recorte, para avaliação do efeito do sombreamento em horas de insolação e m^2 incidente em uma unidade habitacional hipotética.

A modelagem tridimensional do ambiente urbano e da unidade habitacional foi desenvolvida com o uso do *Software Sketchup Pro*®.

Na configuração de dados geográficos dos modelos virtuais, foram selecionadas as Informações de Geolocalização, País, Cidade, Latitude e Longitude.

A incidência solar foi analisada de hora em hora: 7:00, 8:00, 9:00, 10:00, 11:00 e 12:00, nos Solstícios de Verão e Inverno e Equinócios de Outono e Primavera quantificando a projeção das áreas sombreadas em horas de sombreamento e em metros quadrados (m^2).

Zona: ZOPRE AEIU ACOP (PDDPA, 2014)

Área permeável: 20% ICV= 10%

Área do Lote: 5.984,0 m^2

Área Construída: 20.944,0 m^2

Taxa de ocupação = 60% = 3.590,0 m^2

IA – Proposta de 3,5 (Atualmente – 1)

Recuos: (H/6)

Pé direito – 3,2 m. térreo e 3,30 m. no pavimento superior

Densidade Bruta – Db = 700

Latitude: 21,474000 S Longitude: 48.103200W



Figura 23: Modelagem do recorte – Vila Harmonia
Fonte: o Autor

A figura 25 apresenta o mapeamento do uso e ocupação da Vila Harmonia, elaborado no início da pesquisa, o levantamento fotográfico feito com um Drone, onde foi possível verificar a quantidade de lotes desocupados, os quais oferecem condições para um elevado potencial de adensamento construtivo, demonstrado no Mapa de logradouros do Bairro.

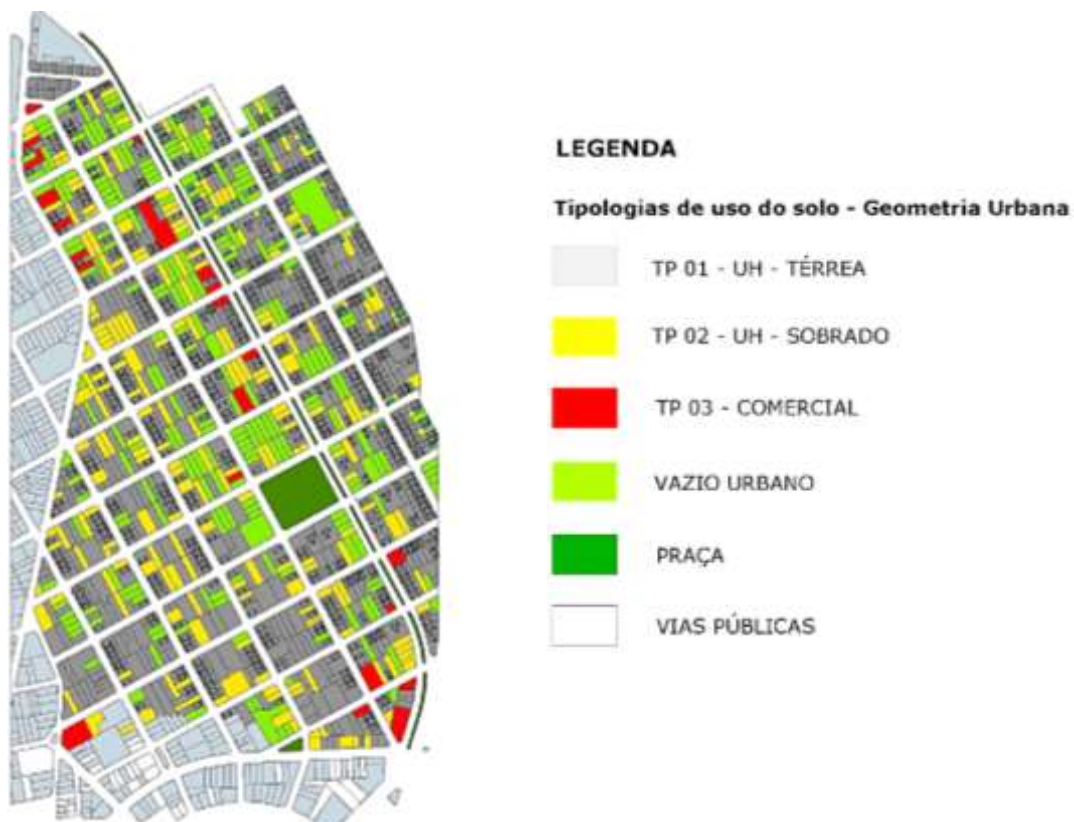


Figura 24: Uso e ocupação do solo – Vila Harmonia
Fonte: o Autor

Levantamento com Drone da área urbanizada do recorte: ocupação urbana



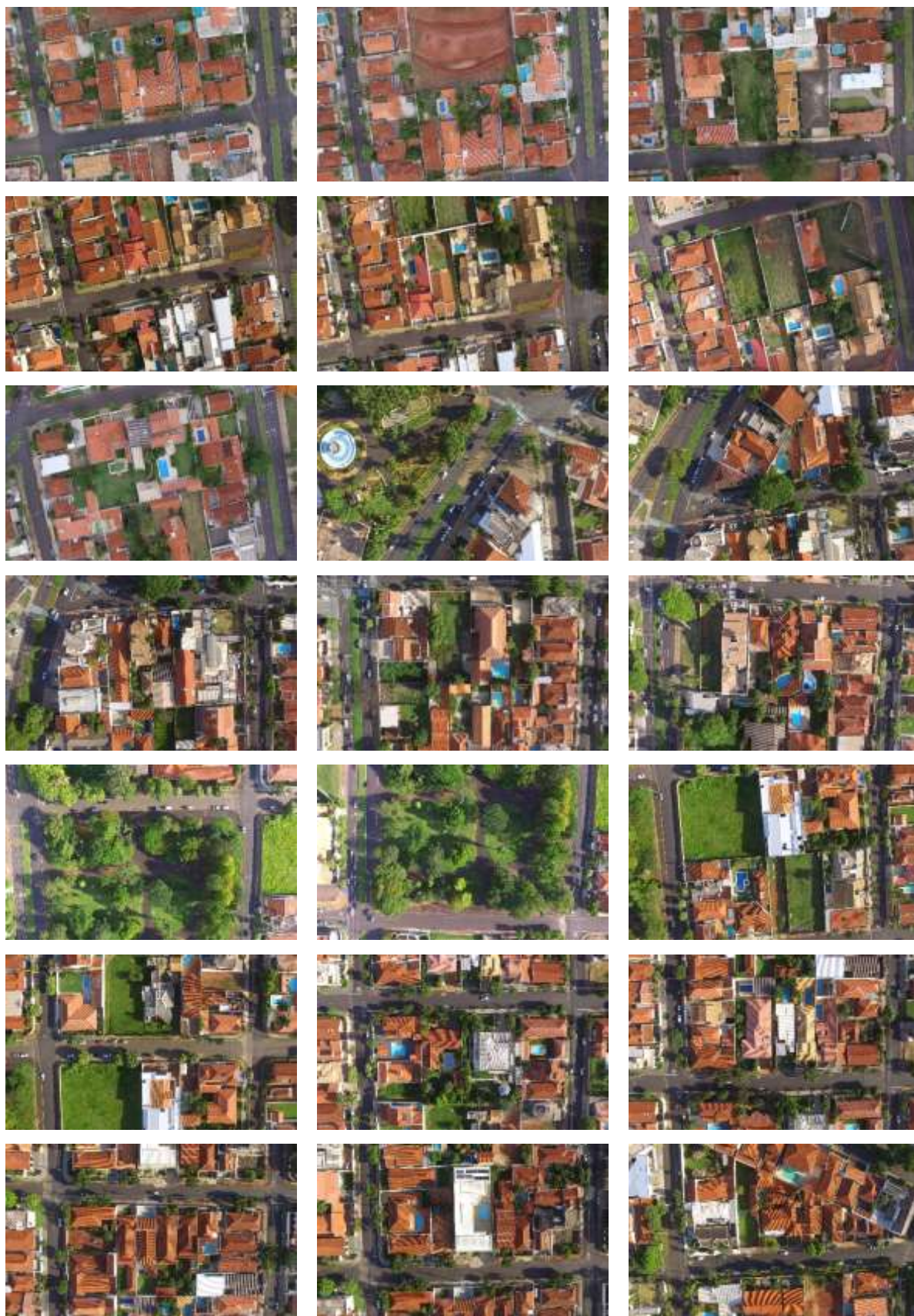








Figura 25: Fotos (drone) do recorte urbano – Vila Harmonia

Fonte: o Autor

4.4 Modelagem de uma Unidade Habitacional

Após a avaliação “in loco” do recorte urbano estudado, verificamos que houve a mudança dos hábitos e alterações na utilização das unidades habitacionais, com novas formas de se usar a residência como por exemplo o trabalho em casa (*home-office*). Existe também o envelhecimento da população com maior permanência na residência, a ocupação de clínicas de saúde e academias, e o aumento considerável no uso de condicionadores de ar. Não consideramos na avaliação o consumo energético externo das áreas de lazer, piscinas e jardinagem, que podem possuir

diversas bombas centrífugas na piscina, irrigação de jardinagem, existentes nas habitações de maior poder econômico da Classe Social predominante no Bairro.

O perfil de uso predominante é de famílias tradicionais, com idades entre 50 e 65 anos, na maioria os filhos moram fora, e tem a permanência do casal, empregada e reunião familiar ocasionais, com visitas de netos e familiares.

A característica arquitetônica mais comum encontrada, foram as residências de 2 pavimentos do tipo assobradada. Desenvolveu-se assim uma Unidade Residencial Unifamiliar Hipotética similar, vizinha à um lote de grande proporção, que está sendo objeto de uma demanda judicial, promovida pela Associação de Bairros, com a alegação de grande impacto urbano em um Bairro totalmente horizontal, localizado próximo ao Ponto 4, para o rastreando das sombras.

Descrição da Unidade Habitacional

A residência unifamiliar (UH) modelada hipoteticamente possui 13 cômodos, 2 pavimentos e uma garagem. É composta, por três suítes, circulação no pavimento superior, e no pavimento térreo, sala de estar e hall, lavabo, escritório, cozinha, área de serviços e escada. As paredes internas, externas e tetos internos são da cor branca. Possui medição individualizada de água e energia elétrica. O pé direito térreo é de 3,30 m e o superior de 3,20 metros, totalizando 7,30 m com platibanda e 9,90 m de altura máxima considerando a torre da caixa d'água.

Características da Edificação:

- Zona Bioclimática 4 – Araraquara – SP
- Transmitância térmica recomendada para a ZB4 – $1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Transmitância das paredes = $U_{\text{par}} 3,7 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Transmitância da Cobertura = $U_{\text{cob}} 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ (nos ambientes condicionados)
- Absortância Solar baixa $< 0,50$ – cor branca, amarela e vermelha (cobertura)
- Não considerado a Transmitância térmica para garagem, casa de máquinas, reservatório de água e área dos coletores solar
- Ambiente de permanência prolongada – Escritório, sala de estar e dormitórios

- Possui 2 pavimentos, e não possui, sacadas, brises ou protetores solares nas fachadas
- Cobertura em cerâmica, argamassa de acabamento e laje de concreto.
- Possui condicionamento de ar nos ambientes de permanência prolongada
- Como bonificação possui um Sistema de redução de consumo de água em até 20 %.

A UH apresenta também um Sistema de Aquecimento Solar com cinco (5) coletores de 1,70 x 1,00 – área total de 8,50 m² e Boiler de 500 litros com resistência elétrica de 5000 W. Apenas 5 desses ambientes são considerados de permanência prolongada e condicionados por meio de equipamentos do tipo split, tais como: escritório, sala de estar conjugada com o Hall no piso térreo e 3 dormitórios no pavimento superior. A UH está localizada na Latitude 21° 76' 22" S e Longitude: 48° 17' 39" W no Bairro Vila Harmonia em Araraquara – São Paulo, na região SUDESTE situada na Rua Domingos Barbieri, nº 922, na quadra confrontante com as Avenidas Professor Vespasiano Veiga, Avenidas Orestes Pieroni Gobbo e rua Dr. Aldo Lupo, em um lote de 12,00 x 30,00 m e total de 360,00 m². Com área construída de 124,0 m² de pavimento térreo em contato com o solo, 119,0 m² do pavimento superior com cobertura de 119,0 m² em contato com o exterior. incluindo a cobertura da garagem, exceto a área da torre de caixa d'água de 5,70 m² e área ocupada por coletores colares de 8,50 m² que não são computadas, totalizando 243,0 m² de área construída.

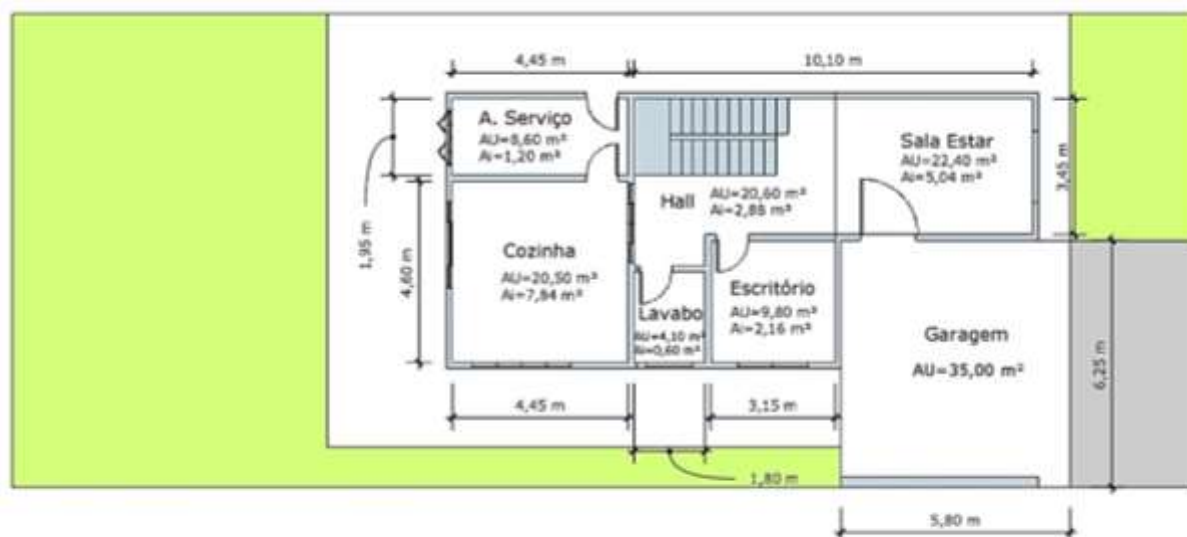
Índices considerados na UH hipotética: Zoneamento – ZOPRE AEIOU – Zonas Predominantemente residenciais – áreas especiais de interesse urbanístico, conforme LC 359/2006, Secretaria de Desenvolvimento Urbano de Araraquara.

IA = 1 = Índice de aproveitamento

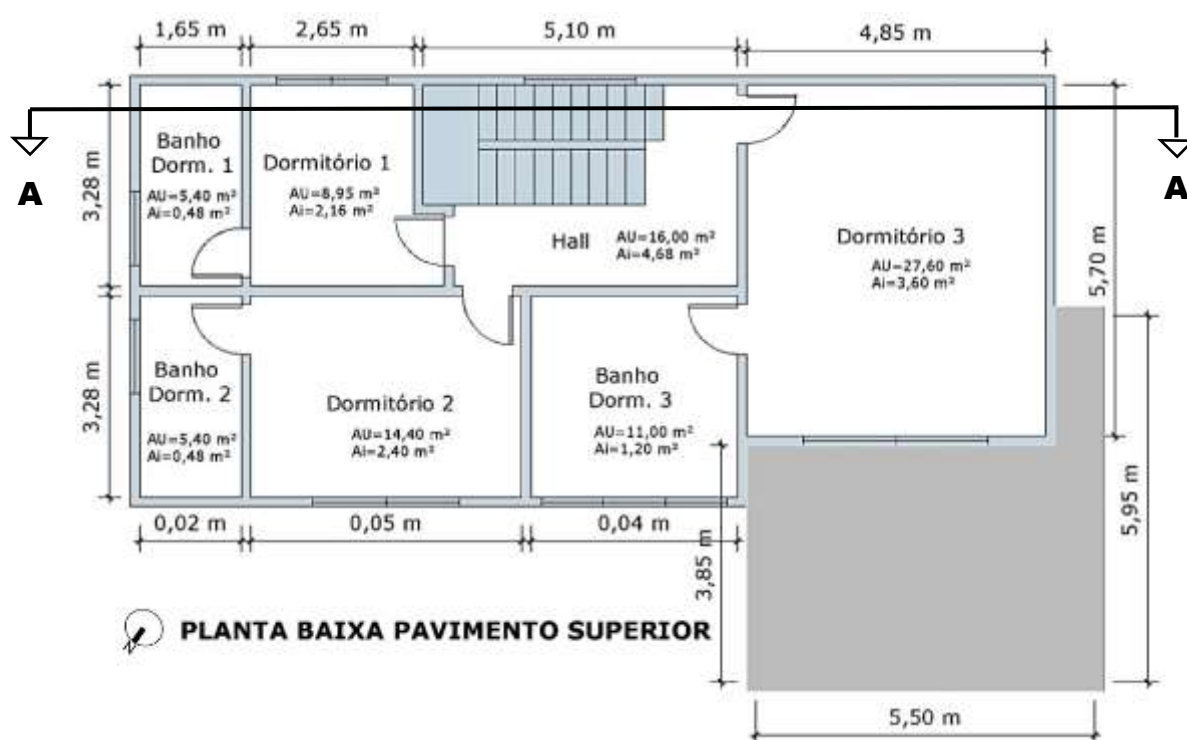
IO = 60% - Índice de ocupação

IP = 20% - Índice ICV = 10% - Índice de cobertura vegetal

Densidade bruta = 50-80 hab./ha



PLANTA BAIXA TÉRREO



PLANTA BAIXA PAVIMENTO SUPERIOR

Figura 26: Planta baixa dos pavimentos térreo e superior da Unidade Habitacional hipotética

Fonte: o Autor

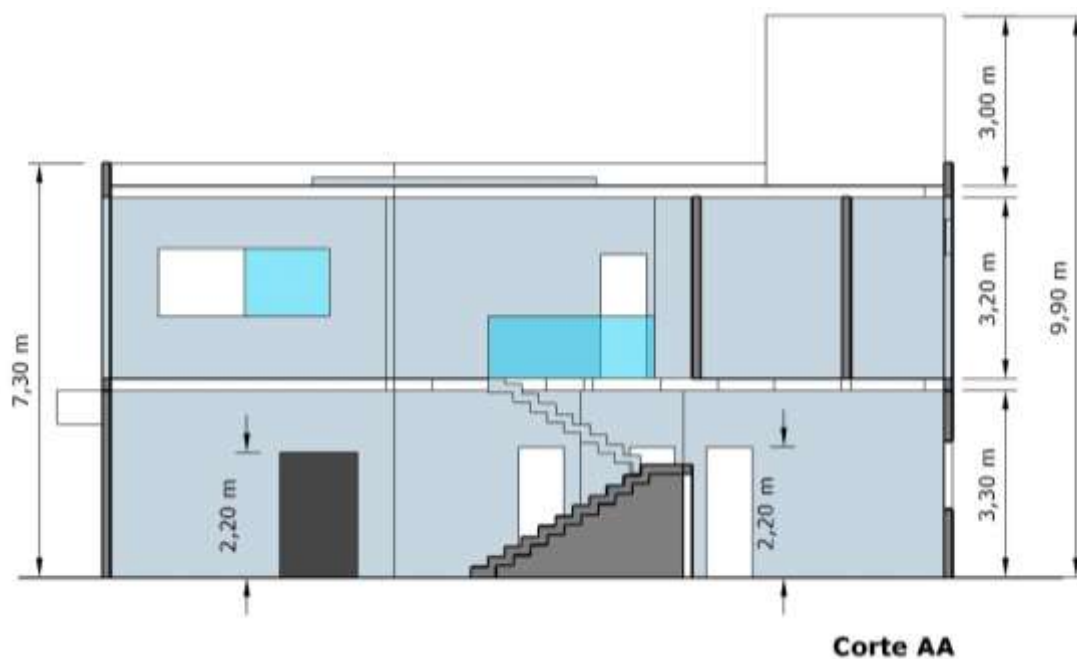


Figura 27 - Corte AA da Unidade Habitacional hipotética

Fonte: o Autor

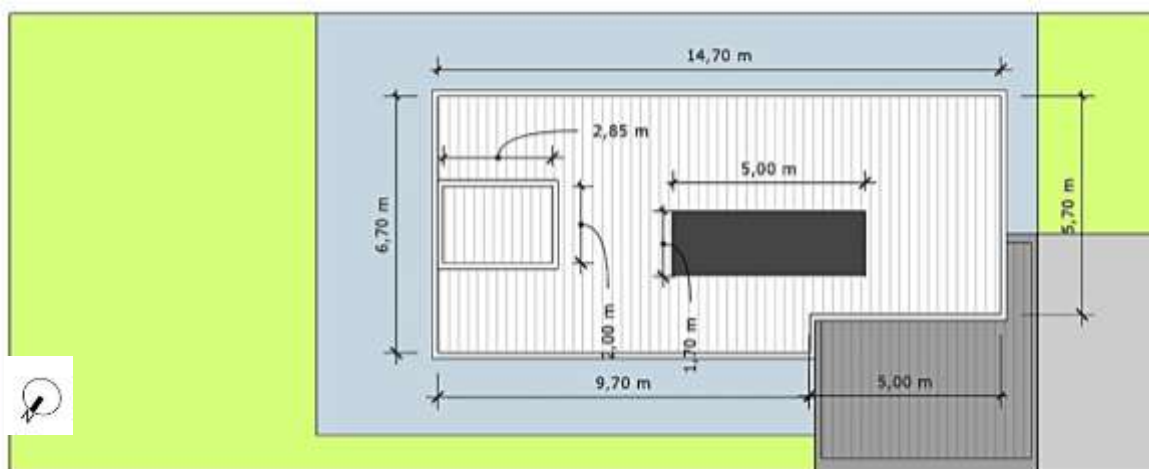


Figura 28: Planta de Cobertura da Unidade Habitacional hipotética

Fonte: o Autor

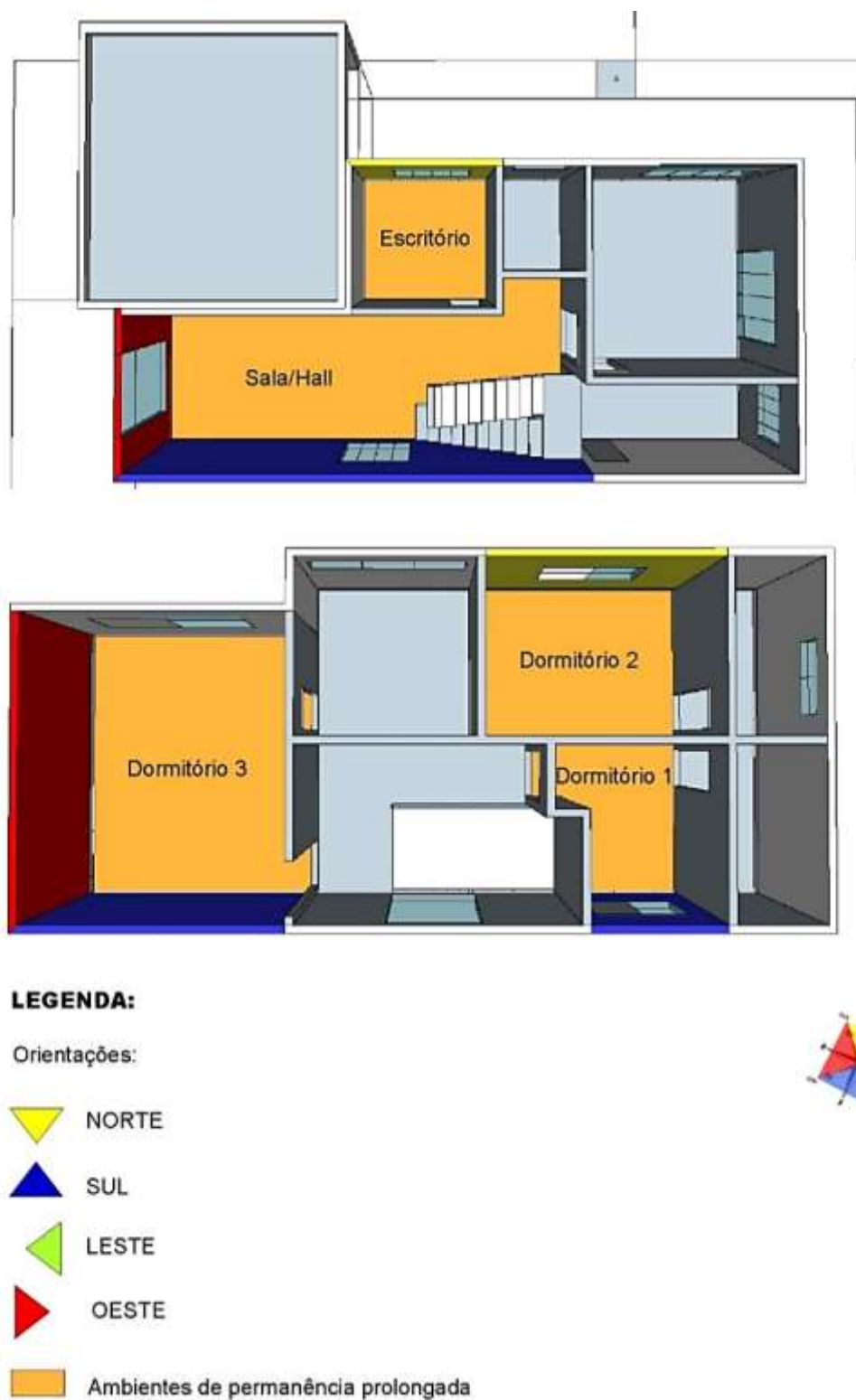


Figura 29: Identificação dos ambientes de permanência prolongada dos pavimentos térreo e superior

Fonte: o Autor

4.5. ANÁLISE DOS RESULTADOS DO RASTREAMENTO DE SOMBRAS

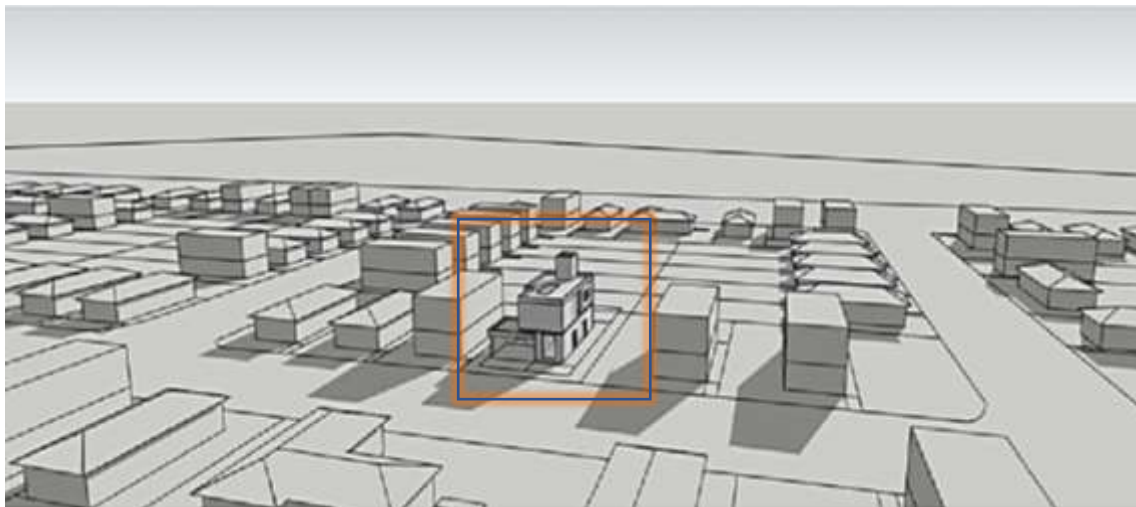


Figura 30: Cenário atual de sombreamento – (UH – unidade habitacional)

4.6 Modelagem do cenário hipotético de ocupação urbana

Foram implantados os cenários MODERADO com 3 torres de 13 andares e 40 metros de altura cada, e um segundo cenário denominado como CRÍTICO com 5 torres de 13 andares e 40 metros de altura cada, ocupando ao máximo o lote. Foram modelados com a mesma orientação solar e implantação hipotética na mesma área, com metragens de áreas edificadas bem próximas. As tipologias adotadas alteram a Densidade Bruta de ocupação, a incidência dos ventos e os cenários de sombreamento do entorno. As tabelas 2, 3, 4 e 5 apresentam as áreas de sombreamento provocadas pelo cenário Verticalizado, sobre a superfície urbana da unidade habitacional.

PROJEÇÃO DA SOMBRA NA RESIDÊNCIA

EQUINÓCIO DE OUTONO - 21/03

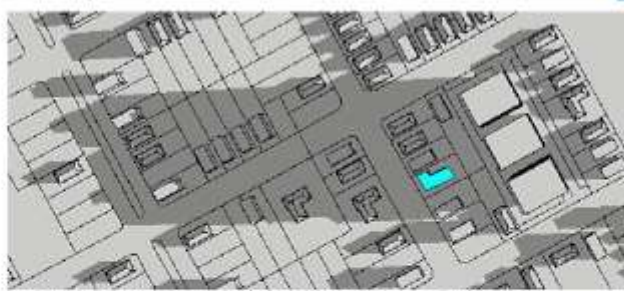
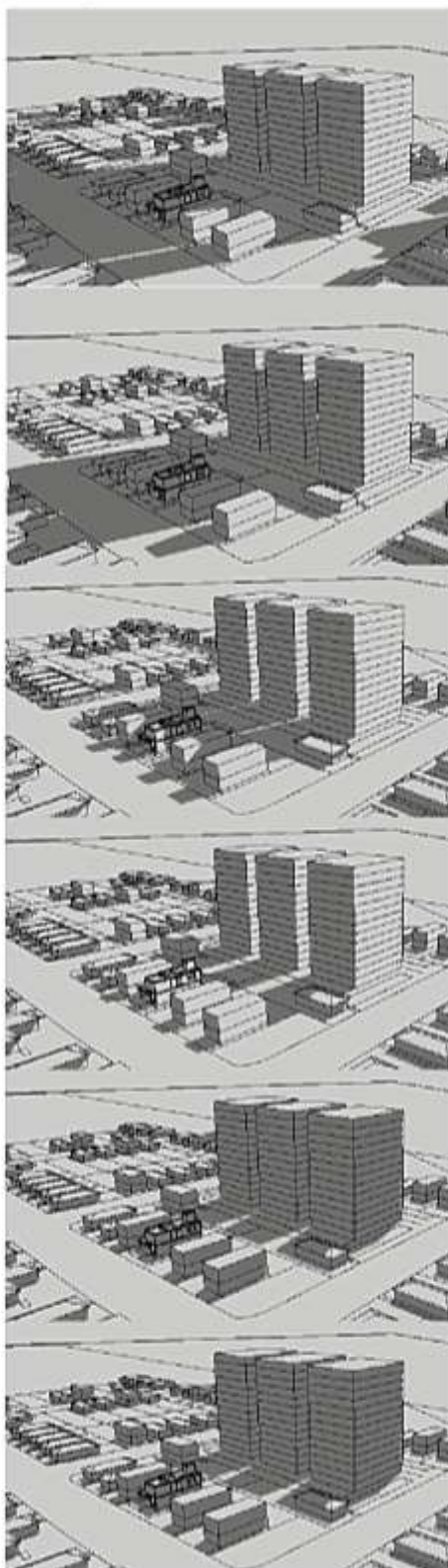
	HORÁRIO	PROJEÇÃO DA SOMBRA - M²
	7:00	18.758,0
	% DE SOMBRA PROJETADA	100 %
	8:00	6.994,0
	% DE SOMBRA PROJETADA	100 %
	9:00	4.071,0
	% DE SOMBRA PROJETADA	80 %
	10:00	2.013,0
	% DE SOMBRA PROJETADA	12%
	11:00	1.695,0
	% DE SOMBRA PROJETADA	0 %
	12:00	1.550,0

Figura 31: Cenário com 3 torres - Sombreamento MODERADO – EQUINÓCIO DE OUTONO

Fonte: o Autor

EQUINÓCIO DE OUTONO - 21/03

PROJEÇÃO DA SOMBRA



MOVIMENTO APARENTE DO SOL



Figura 32: Projeção de sombra e movimento aparente do Sol
EQUINÓCIO DE OUTONO

Fonte: o Autor



Figura 33: Cenário com 3 torres – Sombreamento MODERADO – SOLSTÍCIO DE INVERNO

Fonte: o Autor

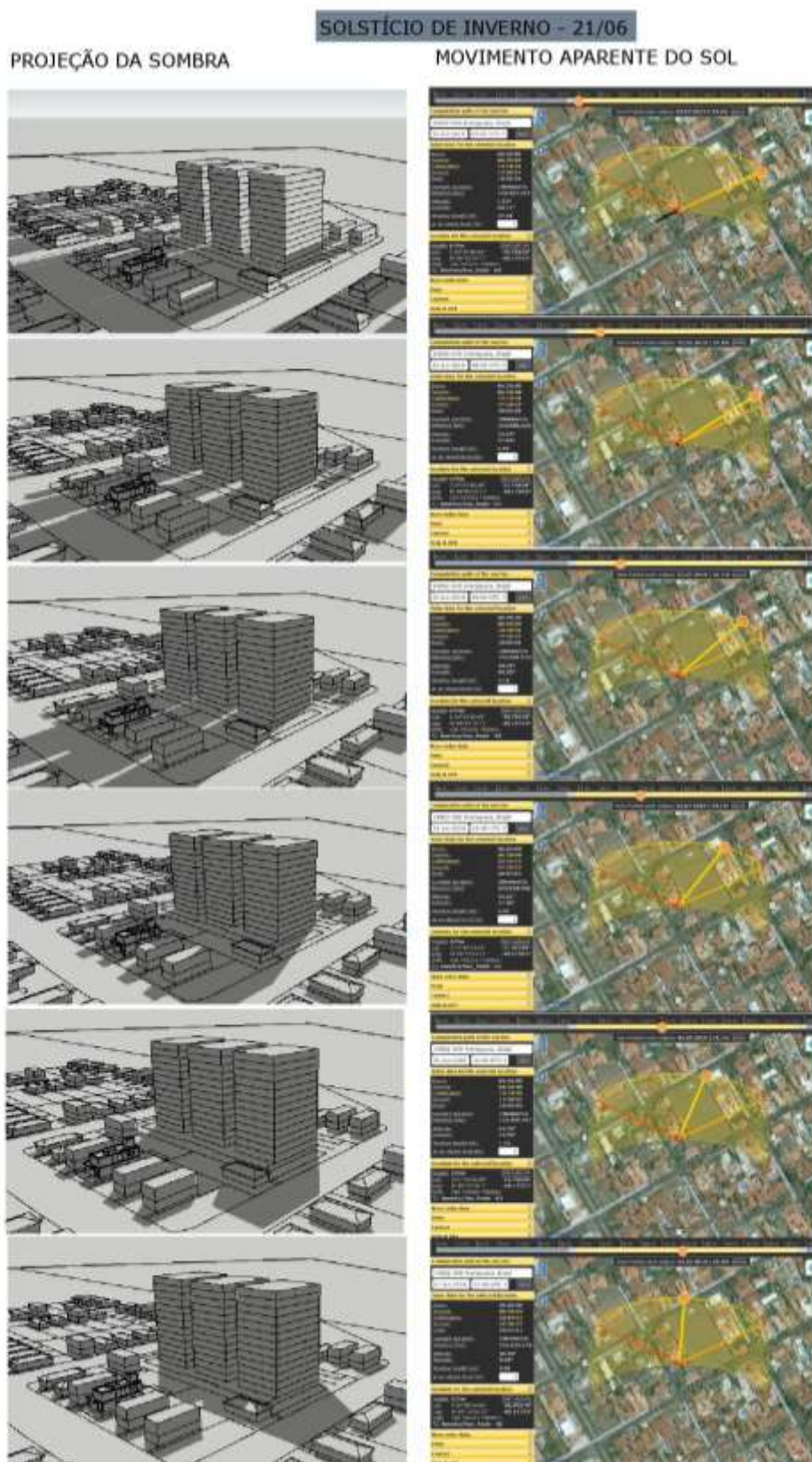


Figura 34: Projeção de sombra e movimento aparente do Sol
SOLSTÍCIO DE INVERNO

Fonte: o Autor

PROJEÇÃO DA SOMBRA NA RESIDÊNCIA



EQUINÓCIO DA PRIMAVERA - 2

HORÁRIO	PROJEÇÃO DA SOMBRA - M²
	13.318,7
7:00	% DE SOMBRA PROJETADA 100 %
	PROJEÇÃO DA SOMBRA - M²
	7.318,8
8:00	% DE SOMBRA PROJETADA 100 %
	PROJEÇÃO DA SOMBRA - M²
	3.193,0
9:00	% DE SOMBRA PROJETADA 70 %
	PROJEÇÃO DA SOMBRA - M²
	1.805,0
10:00	% DE SOMBRA PROJETADA 0%
	PROJEÇÃO DA SOMBRA - M²
	1.574,0
11:00	% DE SOMBRA PROJETADA 0 %
	PROJEÇÃO DA SOMBRA - M²
	1.460,2
12:00	% DE SOMBRA PROJETADA 0 %

Figura 35: Cenário com 3 torres – Sombreamento MODERADO – EQUINÓCIO DA PRIMAVERA

Fonte: o Autor

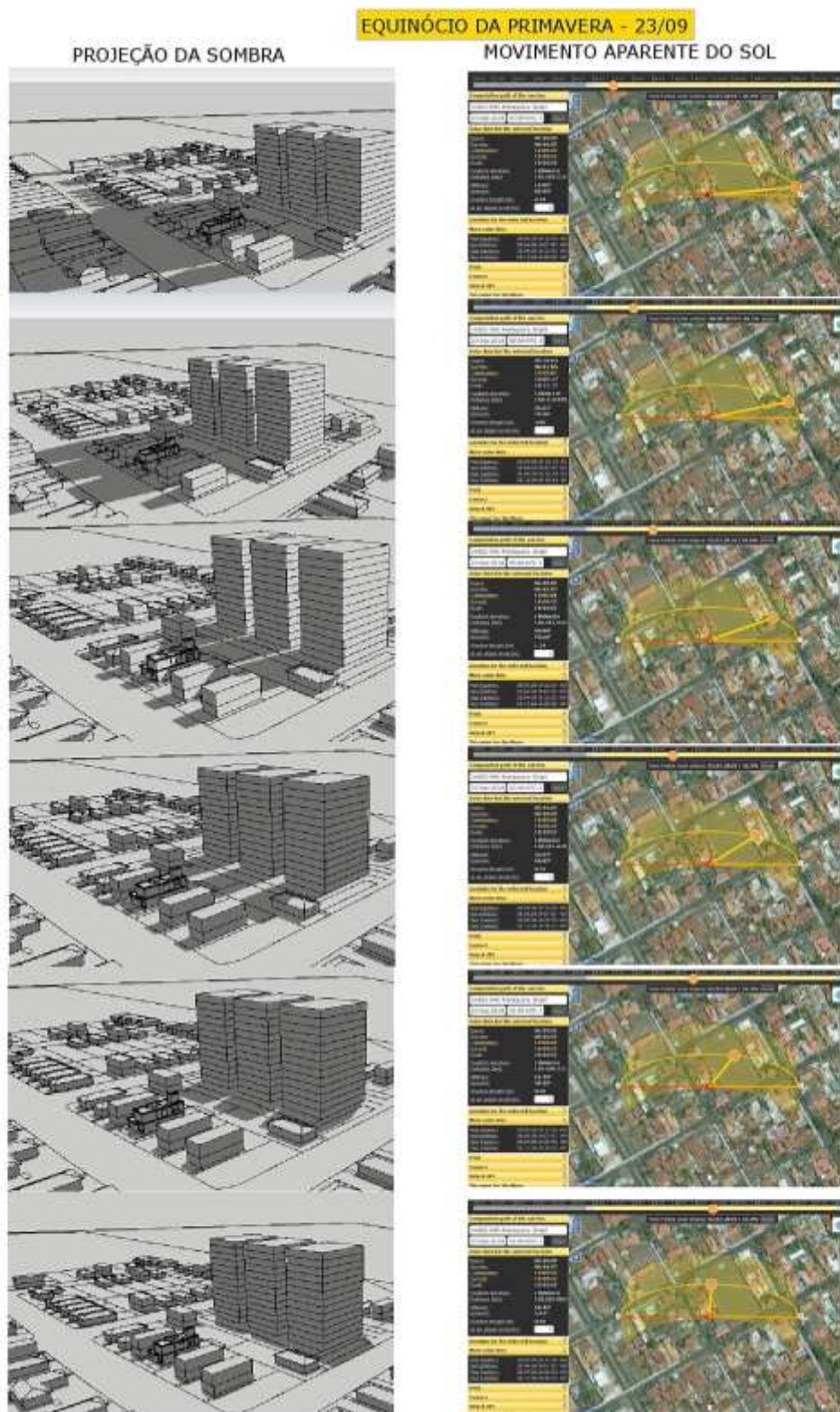


Figura 36: Projeção de sombra e movimento aparente do Sol
EQUINÓCIO DA PRIMAVERA

Fonte: o Autor

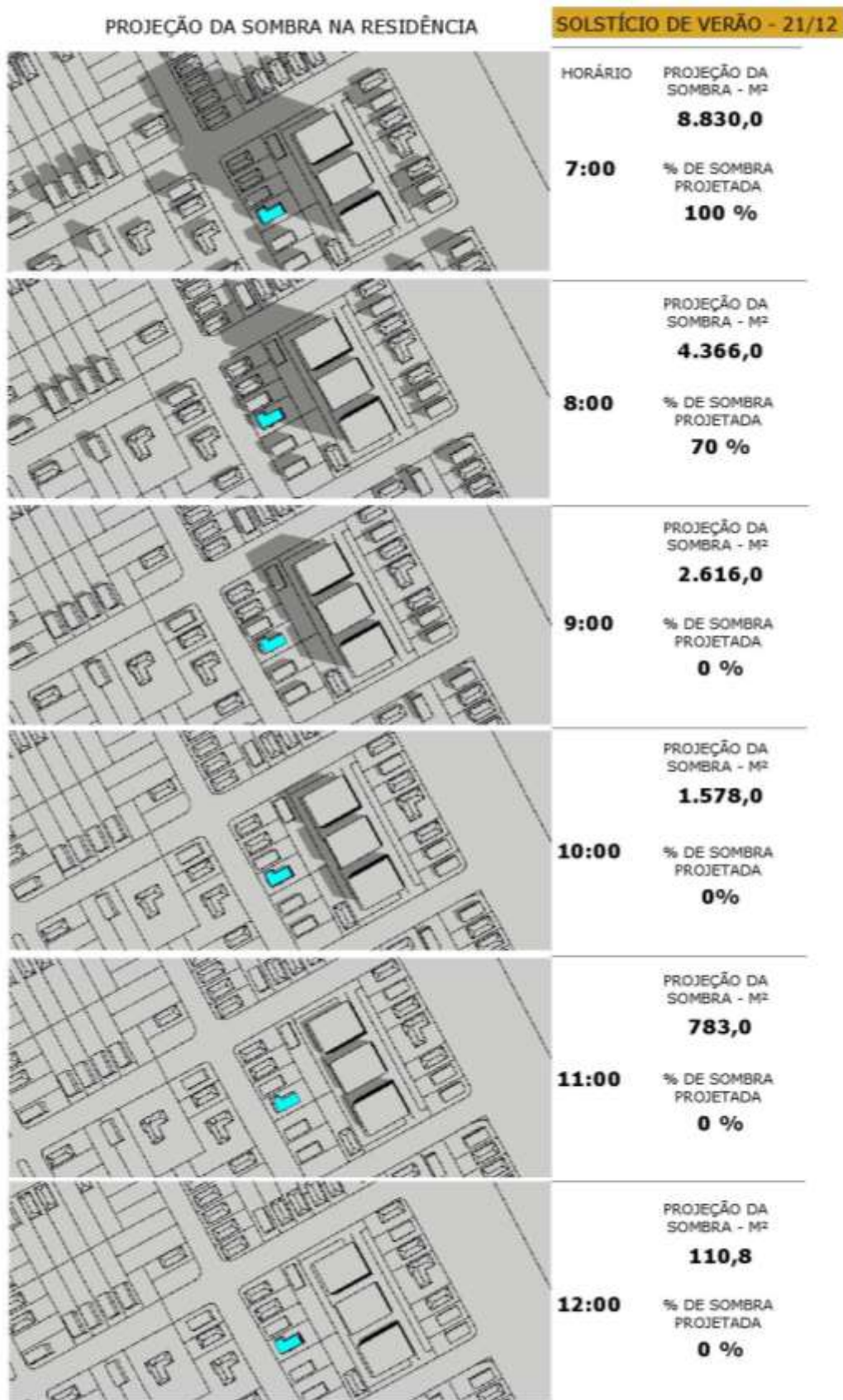


Figura 37: Cenário com 3 torres – Sombreamento MODERADO – SOLSTÍCIO DE VERÃO

Fonte: o Autor

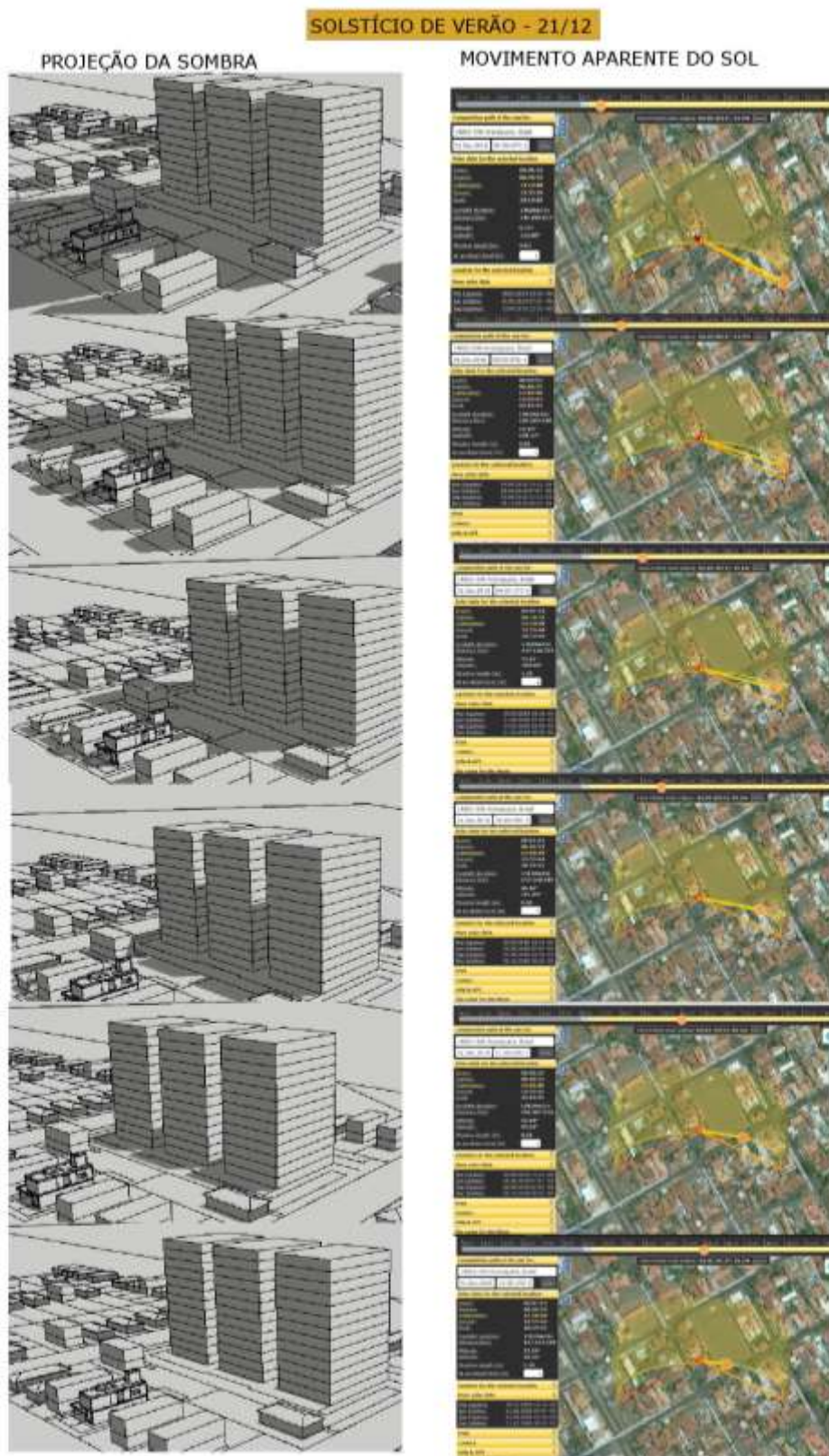


Figura 38: Projeção de sombra e movimento aparente do Sol
SOLSTÍCIO DE VERÃO

Fonte: o Autor



Figura 39: Gráficos de análise de sombreamento
Equinócio de Outono, Solstício de Inverno e Equinócio da Primavera

Fonte: o Autor

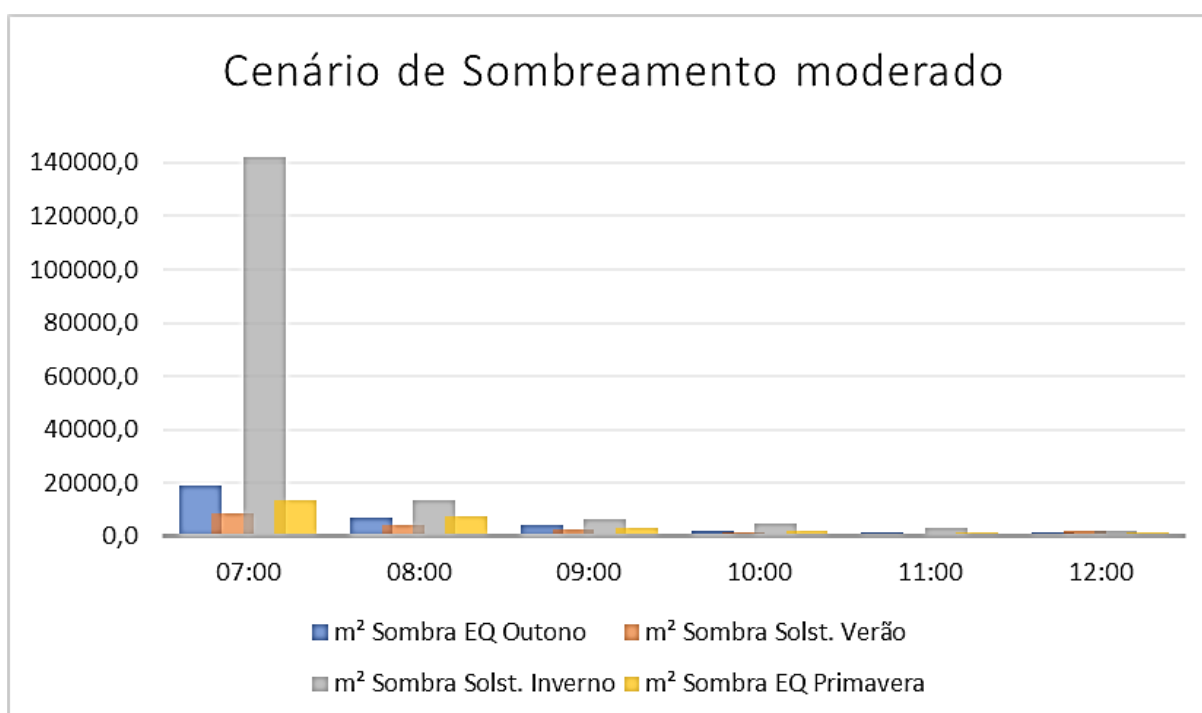
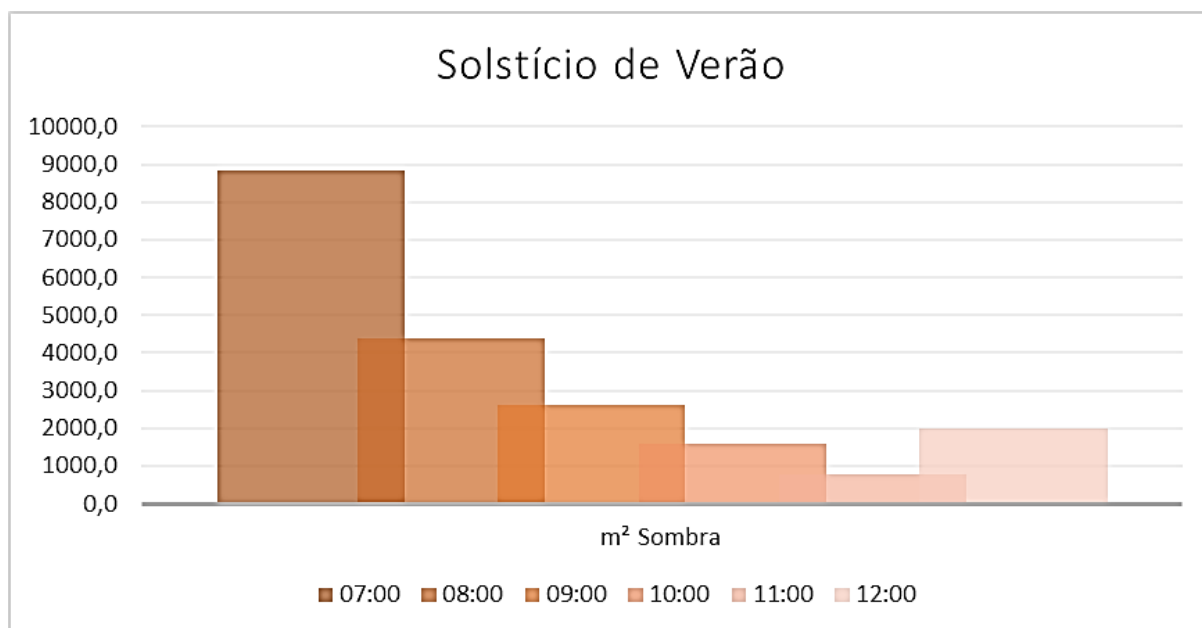


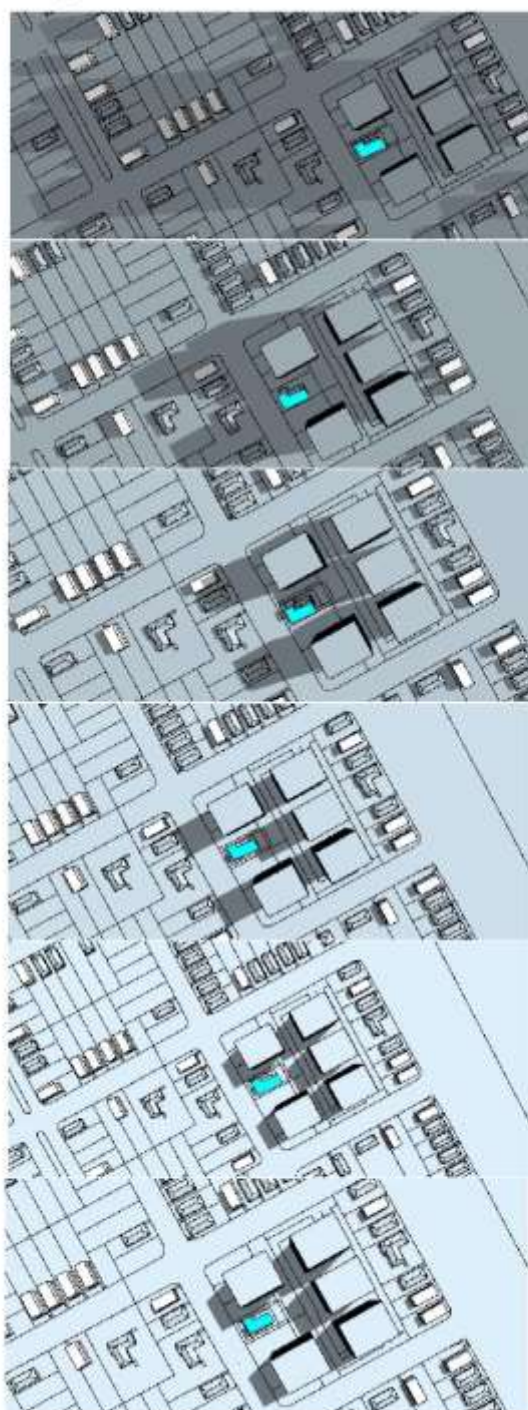
Figura 40: Gráficos de análise de sombreamento
Solstício de Verão e Cenário de sombreamento Moderado

Fonte: o Autor

O cenário MODERADO de implantação com 3 torres e 5 torres, se diferem em taxa de ocupação, índices de permeabilidade e a área sombreada, e conforme a modelagem da projeção de sombras, após as 12:00 horas, a incidência do sombreamento não afeta a unidade habitacional analisada.

PROJEÇÃO DA SOMBRA NA RESIDÊNCIA - CENÁRIO CRÍTICO

EQUINÓCIO DE OUTONO - 21/03



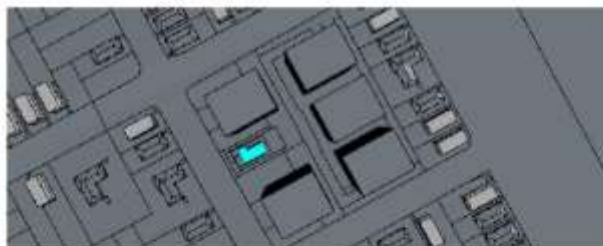
HORÁRIO	PROJEÇÃO DA SOMBRA - M ²
7:00	24.847,9
	% DE SOMBRA PROJETADA
	100 %
8:00	10.297,4
	% DE SOMBRA PROJETADA
	100%
9:00	6.252,4
	% DE SOMBRA PROJETADA
	70 %
10:00	3.628,0
	% DE SOMBRA PROJETADA
	0%
11:00	2.628,8
	% DE SOMBRA PROJETADA
	0 %
12:00	2.538,5
	% DE SOMBRA PROJETADA
	0 %

Figura 41: Cenário CRÍTICO de sombreamento – EQUINÓCIO DE OUTONO

Fonte: o Autor

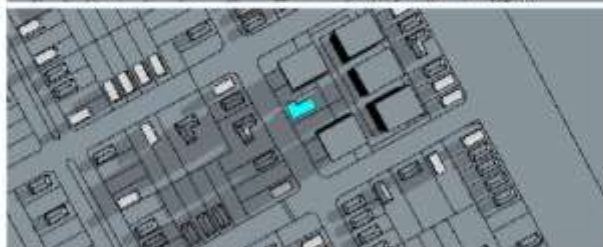
PROJEÇÃO DA SOMBRA NA RESIDÊNCIA - CENÁRIO CRÍTICO

SOLSTÍCIO DE INVERNO - 21/06



HORÁRIO PROJEÇÃO DA SOMBRA - M²
127.663,5

7:00 % DE SOMBRA PROJETADA
100 %



PROJEÇÃO DA SOMBRA - M²
14.858,8

8:00 % DE SOMBRA PROJETADA
100 %



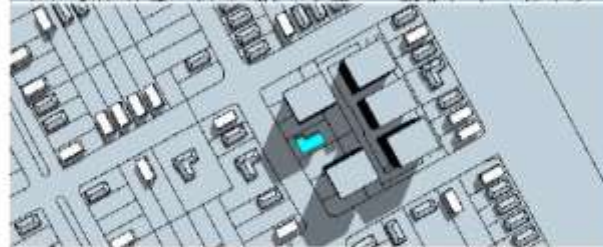
PROJEÇÃO DA SOMBRA - M²
9.078,7

9:00 % DE SOMBRA PROJETADA
100 %



PROJEÇÃO DA SOMBRA - M²
7.320,6

10:00 % DE SOMBRA PROJETADA
100%



PROJEÇÃO DA SOMBRA - M²
6.742,8

11:00 % DE SOMBRA PROJETADA
100 %

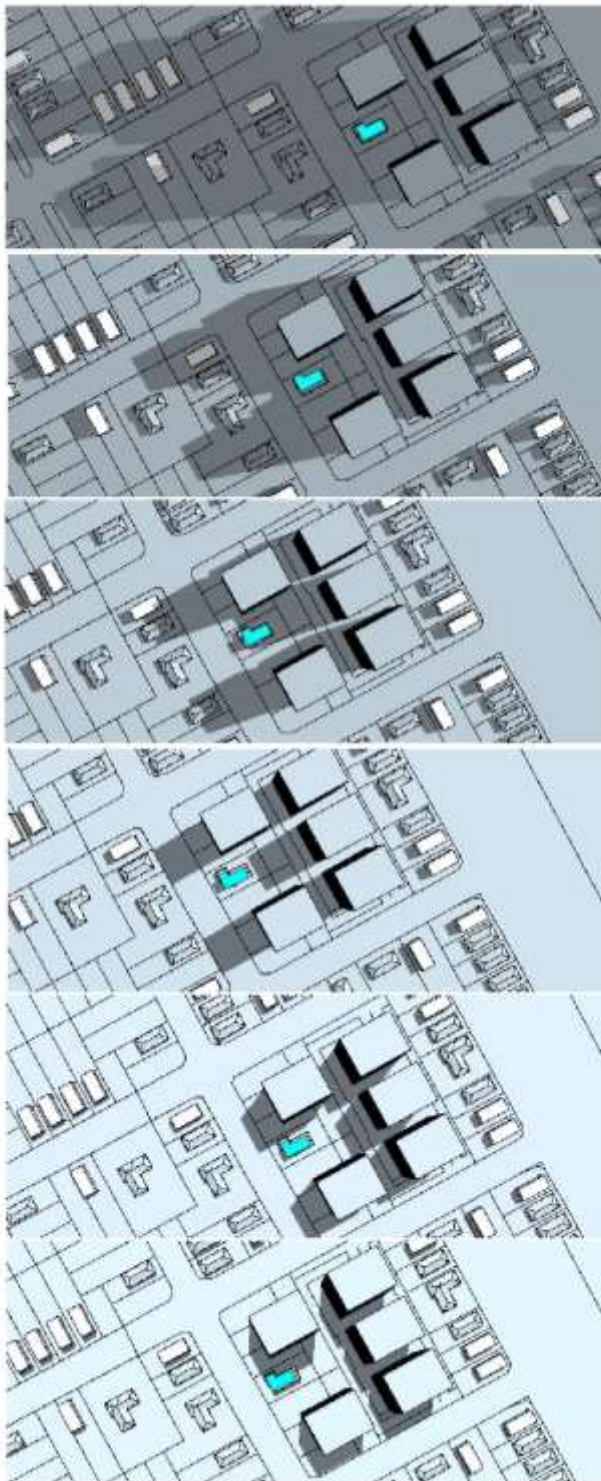


PROJEÇÃO DA SOMBRA - M²	% DE SOMBRA PROJETADA	
5.850,0	12:00	100 %
	13:00	100 %
	14:00	70 %
	15:00	36 %
	16:00	22 %

Figura 42: Cenário CRÍTICO de sombreamento – SOLSTÍCIO DE INVERNO

Fonte: o Autor

PROJEÇÃO DA SOMBRA NA RESIDÊNCIA - CENÁRIO CRÍTICO



EQUINÓCIO DA PRIMAVERA - 23/09

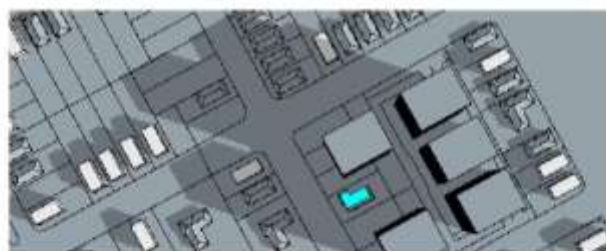
HORÁRIO	PROJEÇÃO DA SOMBRA - M²
	18.735,5
7:00	% DE SOMBRA PROJETADA 100 %
	PROJEÇÃO DA SOMBRA - M² 8.887,2
8:00	% DE SOMBRA PROJETADA 90 %
	PROJEÇÃO DA SOMBRA - M² 5.603,8
9:00	% DE SOMBRA PROJETADA 63 %
	PROJEÇÃO DA SOMBRA - M² 3.428,7
10:00	% DE SOMBRA PROJETADA 0%
	PROJEÇÃO DA SOMBRA - M² 2.712,0
11:00	% DE SOMBRA PROJETADA 0 %
	PROJEÇÃO DA SOMBRA - M² 2.295,5
12:00	% DE SOMBRA PROJETADA 0 %

Figura 43: Cenário CRÍTICO de sombreamento – EQUINÓCIO DA PRIMAVERA

Fonte: o Autor

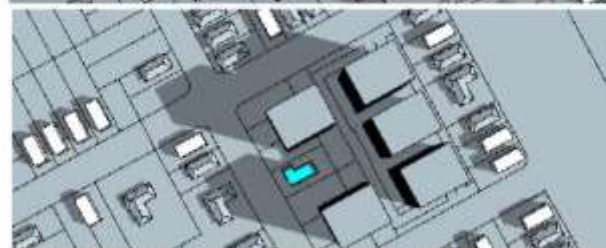
PROJEÇÃO DA SOMBRA NA RESIDÊNCIA - CENÁRIO CRÍTICO

SOLSTÍCIO DE VERÃO - 21/12



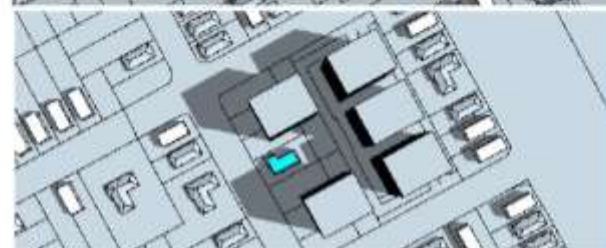
HORÁRIO PROJEÇÃO DA SOMBRA - M²
13.903,0

7:00 % DE SOMBRA PROJETADA
100 %



PROJEÇÃO DA SOMBRA - M²
8.481,3

8:00 % DE SOMBRA PROJETADA
100 %



PROJEÇÃO DA SOMBRA - M²
5.080,8

9:00 % DE SOMBRA PROJETADA
50 %



PROJEÇÃO DA SOMBRA - M²
3.097,7

10:00 % DE SOMBRA PROJETADA
0%



PROJEÇÃO DA SOMBRA - M²
1.786,6

11:00 % DE SOMBRA PROJETADA
0 %



PROJEÇÃO DA SOMBRA - M²
324,6

12:00 % DE SOMBRA PROJETADA
0 %

Figura 44: Cenário CRÍTICO de sombreamento – SOLSTÍCIO DE VERÃO

Fonte: o Autor

Tabela 5: Tabela de sombreamento no cenário crítico**Fonte:** o Autor

EQUINÓCIO DA PRIMAVERA			Hemisfério Sul - 23/09		UTC - 3	
Latitude S: 21°45'4,84"						
Longitude W: 48°10'24,71"						
Nascer do Sol: 6:01:05 h						
Pôr do Sol: 18:09:17 h						
Horas de Sol/dia: 12h 8m 12s						
Horas	Azimute	m² Sombra entorno	% Projeção de sombras		Horas/dia sombreamento	
07:00	84,95°	18735,5	100,0%		60,00	
08:00	78,66°	8887,2	90,0%		54,00	
09:00	70,66	5603,8	63,0%		38,00	
10:00	58,83	3428,7	0,0%		0,00	
11:00	38,45	2712,0	0,0%		0,00	
12:00	3,42	2295,5	0,0%		0,00	
Total horas/dia de SOMBREAMENTO					152,00	2h:32m:0s
Obs:% de Projeção de sombras e horas de sombreamento sobre a área total da Edificação UH						

SOLSTÍCIO DE VERÃO			Hemisfério Sul - 21/12		UTC-3	
Latitude S: 21°45'43,84"						
Longitude W: 48°10'24,71"						
Nascer do Sol: 6:26:33 h						
Pôr do Sol: 19:55:04 h						
Horas de Sol/dia: 13h 28m 31s						
Horas	Azimute	m² Sombra entorno	% Projeção de sombras		Horas/dia sombreamento	
07:00	112,8°	13903,0	100,0%		60,00	
08:00	108,32°	8481,3	100,0%		60,00	
09:00	104,66°	5080,8	50,0%		30,00	
10:00	101,69°	3097,7	0,0%		0,00	
11:00	99,51°	1786,6	0,0%		0,00	
12:00	99,22°	324,6	0,0%		0,00	
Total horas/dia de SOMBREAMENTO					150,00	2h:30m:0s
Obs:% de Projeção de sombras e horas de sombreamento sobre área a total da Edificação UH						

RESUMO	EQ Outono	Solstício Inverno	EQ. Primavera	Sols. Verão
Horas/dia				
Atual	0	0	0	0
Horas/dia				
3 torres	02:55	04:06	02:42	02:00
Horas/dia				
5 Torres	02:42	08:17	02:32	02:30

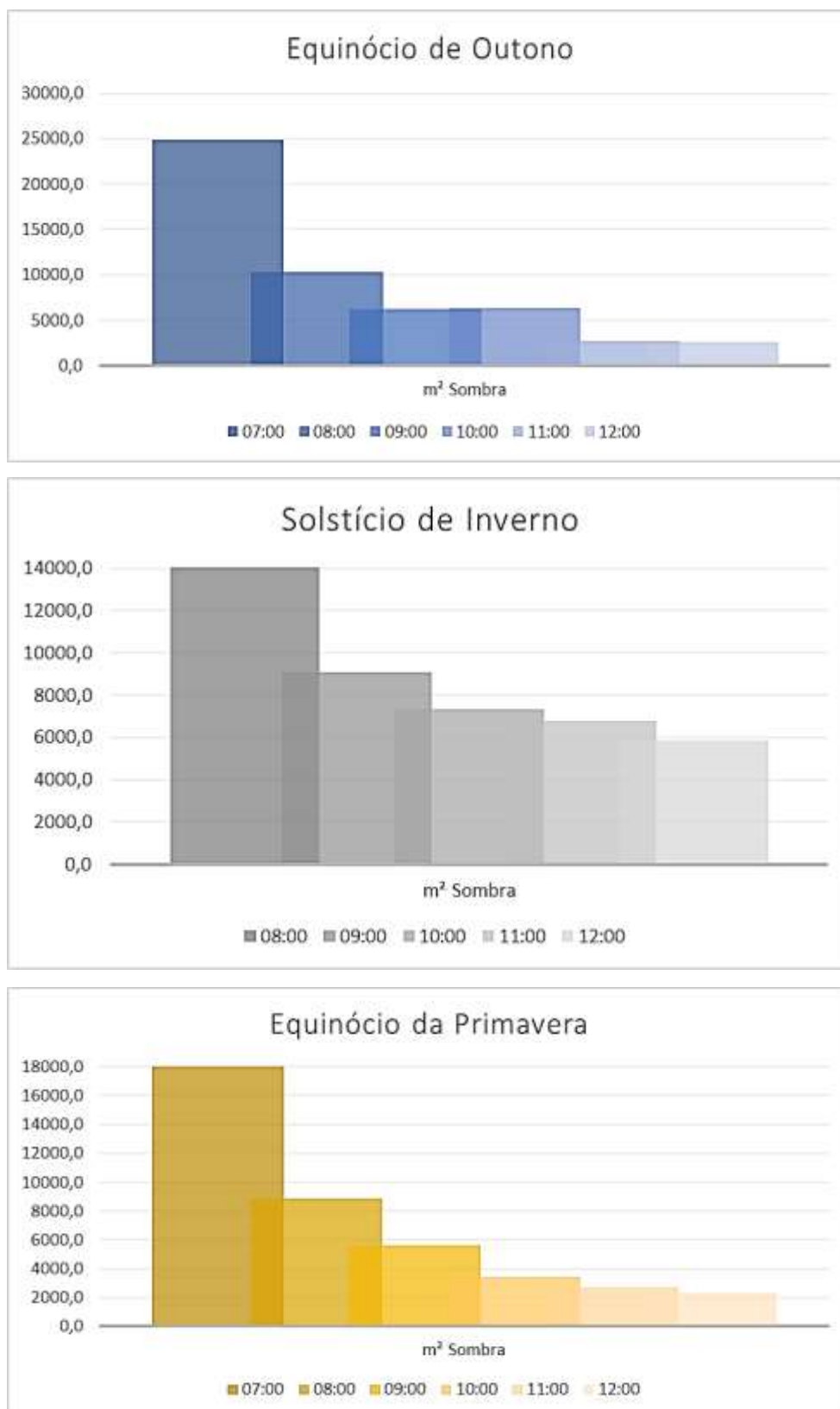


Figura 45: Gráficos de análise de sombreamento
Equinócio de Outono, Solstício de Inverno e Equinócio da Primavera

Fonte: o Autor

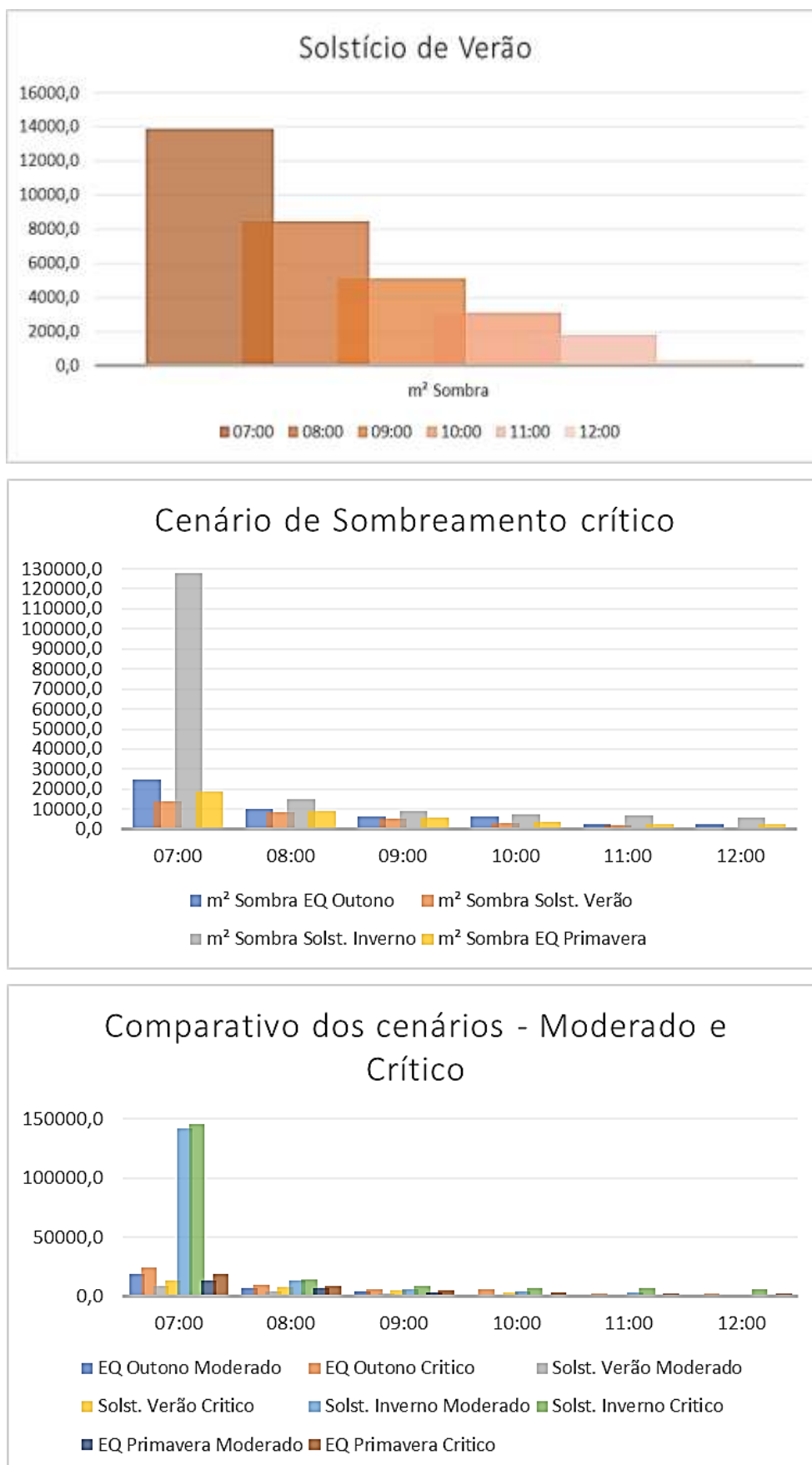


Figura 46: Gráficos de análise de sombreamento

Fonte: o Autor

De acordo com a análise das áreas sombreadas em m², a projeção das sombras incidem após às 12h na unidade habitacional apenas no Solstício de Inverno do cenário crítico. Nesse período as paredes se mantiveram sombreadas o dia todo, sendo que a configuração dos cenários considerados como moderado com 3 torres de unidades habitacionais unifamiliares e nível máximo de ocupação admitido e o cenário crítico com 5 torres que encontra-se acima do nível máximo de ocupação do lote e da Densidade Bruta; verificamos que em todas as Estações do ano, nas primeiras 2 horas solar do dia a Edificação é sombreada. Indiferente dos dois cenários, houve um aumento considerável de sombreamento, se comparado ao cenário horizontal atual que não há sombreamento das unidades de 2 pavimentos durante o dia todo, retardando assim a exposição solar da Envoltória.



Figura 47: Cenário atual de sombreamento – modelagem da vizinhança

Fonte: o Autor

No Inverno em ambos cenários de ocupação do entorno, o sombreamento afeta a edificação por várias horas do dia, sendo que no cenário crítico de inverno, o sombreamento atingiu praticamente 30% do dia, podendo alterar os níveis de eficiência apesar da temperatura média de 18° anual da região.

A geometria urbana vem sendo alterada pelas novas ocupações do ambiente natural devido ao desenvolvimento, adensamento, infraestrutura urbana e o uso de novas tecnologias na produção das edificações.

. A configuração espacial das áreas mais adensadas é marcada por edificações implantadas ao longo do eixo das ruas, compondo o denominado cânion urbano (Oke1978), nestas situações, as mudanças microclimáticas decorrentes das alterações nos balanços energético/hídrico/térmico e nos fluxos aerodinâmicos do ambiente urbano são ainda mais perceptíveis. As alterações no balanço de radiação referem-se ao decréscimo de radiação recebida em zonas sombreadas, ao aumento da radiação solar recebida e refletida internamente em cânions urbano. A captação e armazenamento de calor pelos materiais de construção e a redução da radiação de onda longa emitida pela área urbana para a atmosfera é devido às obstruções locais Oke (1978).

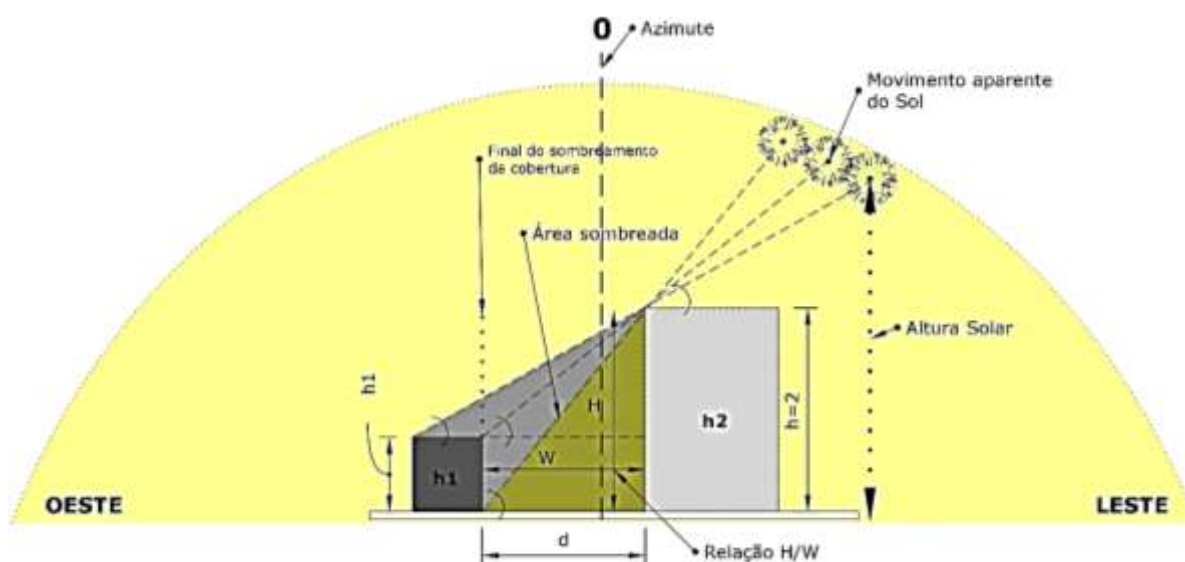


Figura 48: Projeção das sombras - LESTE - OESTE– Zona Bioclimática 4

Fonte: o Autor

No rastreamento das sombras a modelagem através do *Software Sketchup Pro* nos Solstícios de Verão e Inverno, e Equinócio do Outono e Primavera, pudemos quantificar o sombreamento causado pelo entorno em m^2 . Através da relação H/W calculamos os ângulos de incidência solar na UH de acordo com a distância e alturas das edificações, no plano de Leste a Oeste conforme a Figura 47, do movimento aparente do Sol no Equinócio de Outono (21/03), Solstício de Inverno (21/06), Equinócio da Primavera (23/09) e Solstício de Verão (21/12). Considerando que o sombreamento do entorno funcionou como uma proteção solar de maior proporção,

sombreando a cobertura e as paredes, diferentemente dos Brises, que protegem apenas as aberturas da fachada.

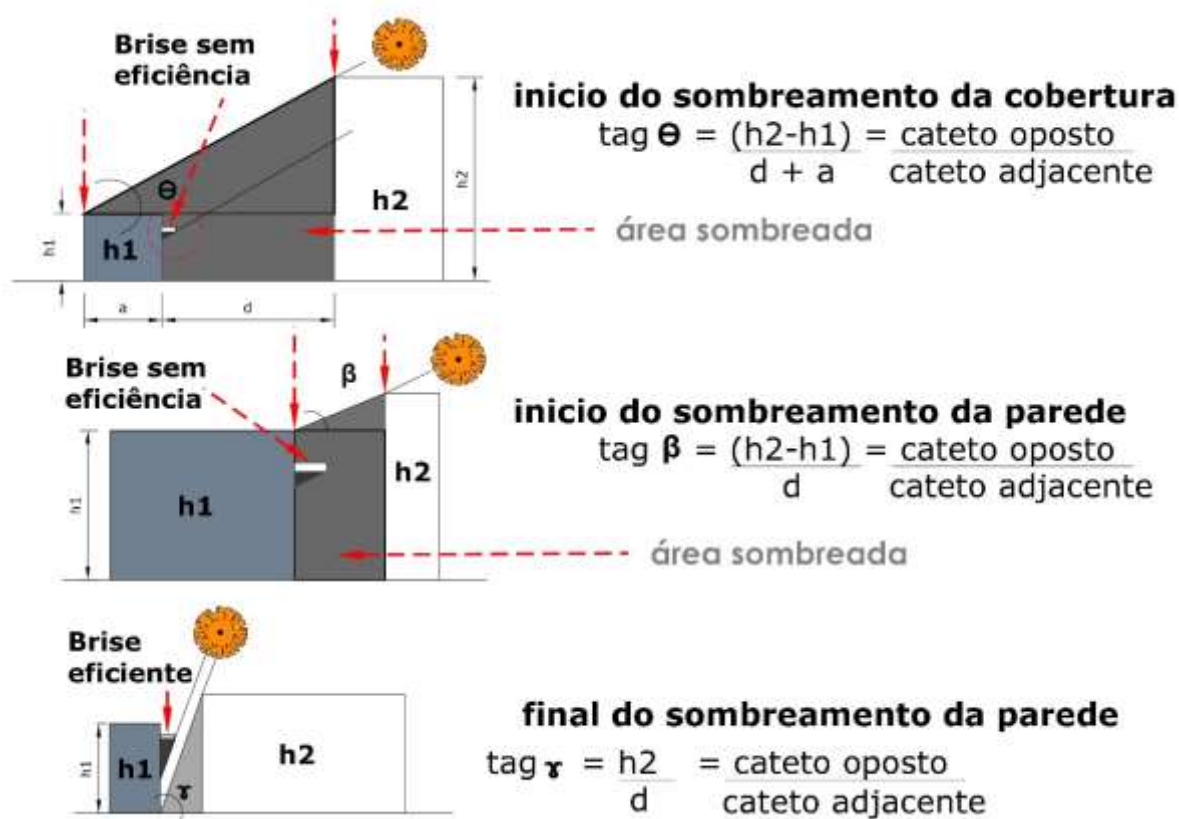


Figura 49: Didática dos ângulos de sombreamento

Fonte: o Autor

Com o sombreamento do entorno, os brises passam a ser dispensados e ineficientes em alguns casos, de acordo com a implantação da edificação e a influência do entorno direto e dos gabaritos da morfologia urbana.

A partir do movimento aparente do Sol e a relação H/W, o sombreamento se inicia formando o ângulo Teta (θ) sob a cobertura, e após iniciando o sombreamento da parede no ângulo Beta (β) e finalizando o sombreamento do edifício no ângulo Gama (γ). A equação usada é a do Fator Forma, extremamente importante para os cálculos de ação do vento nas estruturas verticalizadas.

Através dos ângulos da triangulação formada pelo sombreamento, podemos determinar o horário da incidência solar à partir do *Software Suncalc*, na data desejada, avaliada na simulação no plano de Leste a Oeste.

As modelagens e simulações se alteram conforme a posição solar da edificação, altura solar e data da insolação, variando os ângulos, áreas e o tempo do sombreamento das faces da edificação.

As alterações provocadas pela verticalização afetam o clima urbano, a permeabilidade do solo, conforto humano, infraestrutura e geometria urbana, restringindo o acesso ao Sol (FVC – Fator de visão do Sol), a redução da velocidade dos ventos, aumento das áreas sombreadas e redução da radiação solar

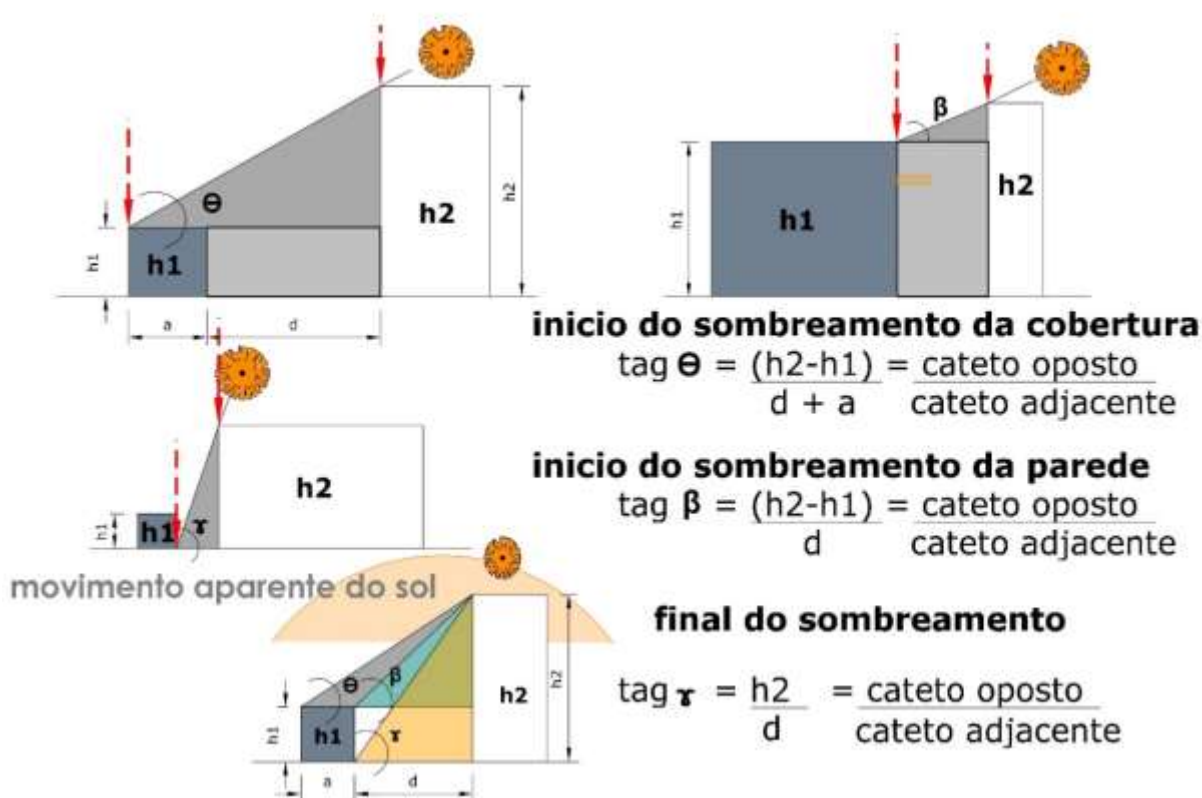


Figura 50: Análise de Projeção das sombras - LESTE - OESTE– Zona Bioclimática 4

Fonte: o Autor

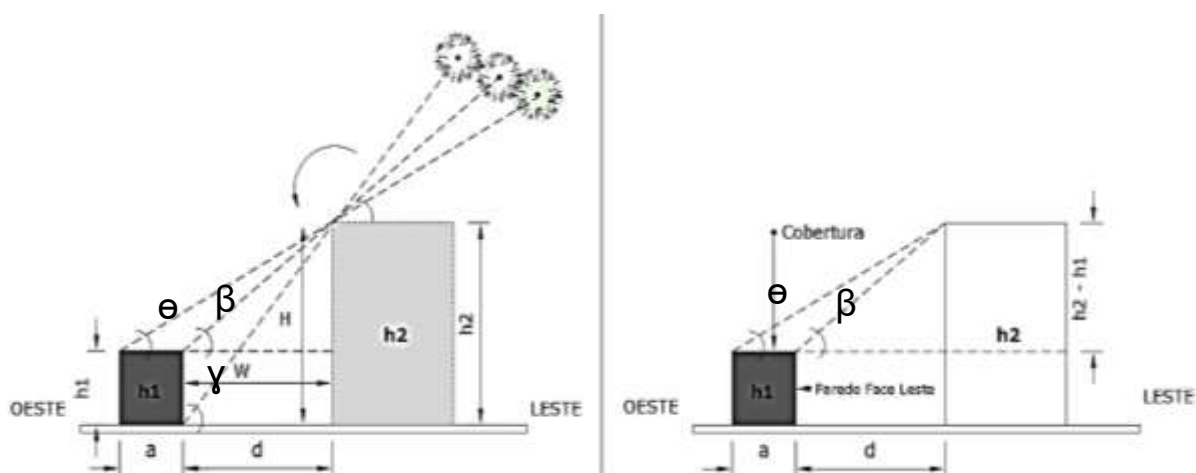


Figura 51: Planta de Elevação – Análise de sombreamento

Fonte: o Autor

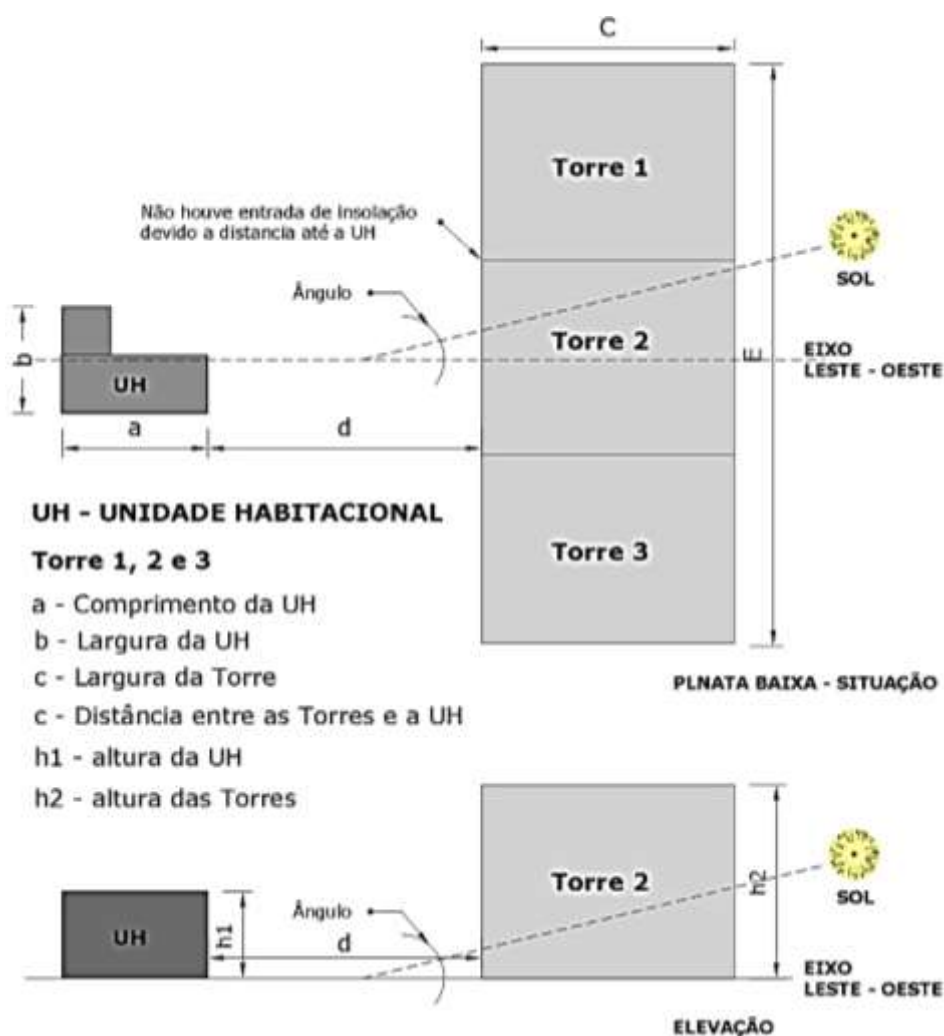


Figura 52: Planta Baixa e Elevação – Análise de sombreamento

Fonte: o Autor

Memória de Cálculo:

h1=7,30 h2= 40,0 a= 15,0 l=6,70 d=32,0 para h2 > h1

$$\text{Tg } \theta = \frac{h_2 - h_1}{a + d} \quad \text{Tg } \beta = \frac{h_2 - h_1}{d} \quad \text{Tg } \gamma = \frac{h_2}{d}$$

$$\text{Tg } \theta = \frac{40,0 - 7,30}{15,0 + 32,0} = \mathbf{35,0^\circ}$$

$$\text{Tg } \beta = \frac{40,0 - 7,30}{32,0} = \mathbf{45,62^\circ}$$

$$\text{Tg } \gamma = \frac{40}{32} = \mathbf{51,34^\circ}$$

Tabela 06: Tabela de horas do início da Insolação na UH

Equinócio de Outono		Solstício de Inverno		Equinócio da Primavera		Solstício de Verão	
21/03		21/06		23/09		21/12	
Ângulo	Horas	Ângulo	Horas	Ângulo	Horas	Ângulo	Horas
35,00° θ	8:53	35,00°	10:06	35,00°	8:38	35,00°	9:11
45,62° β	9:42	45,62°	12:00	45,62°	9:26	45,62°	9:55
51,34° γ	10:10	51,34°	-	51,34°	9:54	51,34°	10:24

Dados simulados no Software Suncalc,

Fonte: o autor

As sombras projetadas pelas proteções solares (brises) aplicadas no RTQ-C através dos ângulos AHS (horizontal) e AVS (vertical) de sombreamento, não protegem a cobertura e as paredes, considerando o ângulo máximo (45°) de entrada na equação, fazendo referência a proteção solar da abertura (PAF) – percentual de abertura da fachada. Portanto é possível verificar que o sombreamento provocado pelo entorno do edifício protege a cobertura por algumas horas, iniciando a insolação a partir do vértice de h2 = maior altura, com incidência solar na cobertura à partir de 35,0° até 45,62°, e iniciando a insolação da parede em 45,63° até 51,34° inutilizando a função dos brises no período avaliado. O inverno que possui ângulo máximo de 45° de altura solar, proporcionou um sombreamento excessivo na fachada LESTE

simulada, demonstrando que para ângulos maiores que 35° teremos uma insolação parcial na cobertura até o ângulo de 45°. A partir daí o sombreamento do entorno é total, demonstrando eficiência para o resfriamento e prejudicial para o aquecimento no período de inverno.

No Solstício de Inverno, com o ângulo máximo do movimento aparente do Sol de 45°, manteve a cobertura sombreada até as 10:06h, havendo gradualmente a entrada de luz solar até as 12:00h somente na cobertura, e mantendo as paredes da unidade habitacional sombreada o dia todo no período modelado.

5. O PROCEL EDIFICA - EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Os diversos selos de qualidade e sustentabilidade construtiva como o Procel Edifica (2012), o Selo Casa Azul (2010), o Leed® e o Aqua® que atuam no Brasil consideram questões de conforto e eficiência energética das edificações, no entanto, ainda não incorporam a influência nas condições de conforto decorrentes da implantação de edifícios no entorno, implantados após a obtenção de um selo de classificação. Logo, por melhor e mais eficiente que seja o projeto de um empreendimento, este ainda estará sujeito às possíveis influências das construções vizinhas, edificadas posteriormente.

O INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial, considerando as necessidades de aperfeiçoamento dos Requisitos técnicos de qualidade vigentes para edificações residenciais, institui os Regulamentos Técnicos da Qualidade para o nível de eficiência energética de edificações (Anexo da Portaria INMETRO Nº 18/2012) como instrumento para a avaliação dos requisitos.

Considera como obrigação, zelar pela eficiência energética dos edifícios comerciais, de serviços, públicos e residenciais, e a necessidade de instituir regras equânimes e de conhecimento público para os segmentos de projeto e construções de edificações. Especifica os requisitos técnicos, bem como os métodos para classificação de edifícios, quanto à eficiência energética.

Segundo o PROCEL, no Brasil os edifícios residenciais, comerciais, públicos e de serviços são responsáveis por aproximadamente 50% do consumo de energia elétrica do país. Diante desse quadro o Programa atua em parceria com o INMETRO e com diversos administradores públicos de todas as esferas governamentais, incentivando ações de uso de equipamentos mais eficientes e o combate ao desperdício.

De acordo com a EPE – Empresa Pública Federal de Pesquisa Energética e prestadora de serviços ao MME – Ministério de Minas e Energia na área de pesquisas destinadas ao planejamento do setor energético, cobrindo as áreas de energia elétrica, petróleo, gás natural e seus derivados biocombustíveis, é considerado Eficiência Energética quando se faz mais, ou pelo menos a mesma coisa, com menos, mantendo o conforto e a qualidade, gerando a mesma quantidade de energia com menos recursos naturais, ou obter o mesmo serviço ou trabalho com menor consumo de energia.

Com tamanha relevância, segundo o Programa, com o incentivo à conservação, o uso eficiente e a racionalização dos recursos naturais e com a redução dos desperdícios nas construções com os Padrões PBE-Edifica, pode se obter uma economia de até 50% para as novas edificações e até 30% para as grandes reformas.

A contribuição para se atingir o objetivo da Eficiência Energética, é o uso mais consciente da energia, buscando a utilização de equipamentos mais eficientes, sendo aqueles que usam menos recursos para proporcionar a mesma quantidade de energia útil, substituindo lâmpadas e aparelhos como: TV'S, máquinas de lavar, micro-ondas, aparelhos condicionadores de ar, geladeiras e freezers, etc... que receberam a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia – ENCE e o Selo Procel, que destaca a eficiência do equipamento, reduzindo o desperdício, o uso de recursos naturais e o impacto ambiental.

Através da ponderação de pontuações e equivalentes numéricos, são identificados os níveis de eficiências da Unidade Habitacional, de acordo com a Zona Bioclimática que está inserida. A interferência causada diretamente nas relações entre ambiente construído e conforto humano de acordo com a NBR 15.220-3 (ABNT, 2005), os níveis de eficiência são considerados de acordo com o equivalente numérico e a pontuação.



<i>Nível de Eficiência</i>	<i>EqNum</i>
<i>A</i>	<i>5</i>
<i>B</i>	<i>4</i>
<i>C</i>	<i>3</i>
<i>D</i>	<i>2</i>
<i>E</i>	<i>1</i>

Figura 53: Níveis de eficiência e equivalente numérico

Fonte: Manual para aplicação do RTQ-C

As etiquetas podem ser concedidas na fase de projeto e após a sua conclusão, indicando o método utilizado. Os níveis de eficiência dos edifícios comerciais são baseados na envoltória, sistemas de iluminação e sistemas de condicionamento de ar. A figura 03 apresenta um modelo de uma Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) para Edificações comerciais, de Serviços e Públicas.

 INMETRO PBE Edifica		Eficiência Energética Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas Edificação: XXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXXX Endereço: XXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXX Cidade/UF: XXXXX/XX Zona bioclimática: X Portaria RTQ-R: XXXXX Portaria RAC: XXXXX Método de avaliação: XXXXX Data da ENCE de projeto: XX/XX/XXXX Data da ENCE de edificação construída: XX/XX/XXXX		☐ Etiqueta PROJETO ☒ Etiqueta EDIFICAÇÃO CONSTRUÍDA
Mais eficiente A B C D E Menos eficiente		A PT: X,X		
Pré-requisitos gerais - Circuitos elétricos - Aquecimento de água Bonificações: X,XX - Racionalização de água: x,xx - Aquecimento solar de água: x,xx - Energia eólica: x,xx - Energia solar fotovoltaica: x,xx - Sistemas de cogeração e inovações técnicas ou de sistemas: x,xx - Elevadores: x,xx		Envoltória Área total: xxx,xx m² A Iluminação Edificação ou parcela Área iluminada: xxx,xx m² A Condicionamento de ar Edificação ou parcela Tipo: xxxxxxxxxxxx ANC: xxx,xx m² AC: xxx,xx m² EqNumV: xx,x A		
 		LOGOMARCA DO DIA Nº. REGISTRO DO DIA		

Figuras 54: Modelo de Etiqueta ENCE – Etiqueta Nacional de conservação de energia

Fonte: Manual para aplicação do RTQ-C (2010)

5.1. INTRODUÇÃO À ETIQUETAGEM - RTQ-C

O Regulamento técnico de Qualidade para o nível de eficiência energética em edifícios RTQ-C, indica os procedimentos para que a Edificação alcance os mais altos níveis de eficiência energética, a avaliação e a Etiqueta não são definitivas, podendo ser melhorada com a evolução dos materiais e tecnologias construtivas.

O RTQ-C faz parte do Programa de Etiquetagem para edifícios comerciais, de serviços e públicos, especificam os requisitos técnicos e os métodos necessários para sua classificação quanto a sua eficiência energética. Avalia os Sistemas: Envoltória, Iluminação e Condicionamento de ar, diferentemente das avaliações do RTQ-R, que avalia a Envoltória e a eficiência dos Sistemas de aquecimento de água e eventuais bonificações.

Os cinco (5) níveis de eficiência A à E podem ser influenciados pelos usuários, que podem tornar uma edificação ineficiente de acordo com os índices de desperdício.

Através da determinação da eficiência dos Sistemas da Envoltória, Iluminação e Condicionamento de AR, acrescidos de eventuais bonificações reunidas em uma equação geral de classificação do nível de eficiência energética da Edificação, ainda devem ser condicionados aos Requisitos Específicos, podendo alterar a sua classificação, desempenho e também a Classificar apenas a eficiência de um dos Sistemas.

Dessa forma, a Envoltória é composta pela cobertura, fachadas e aberturas, complementadas pelo volume da edificação, a orientação das fachadas e as áreas de piso, e para obtenção do nível de eficiência energética a classificação deve ser completa.

A eficiência do Sistema de iluminação, é calculada de acordo com a potência da iluminação interna, geralmente instalada de acordo com as necessidades dos usuários onde a potência consumida significa o sistema mais eficiente, desde que suprimindo as condições ideais de iluminação, sendo que a sua classificação pode ser de apenas um pavimento ou conjunto de ambientes.

O Sistema de Condicionamento de Ar, pode ser avaliado através de Sistema individual com Split e de Centrais de condicionamento, onde os sistemas individuais já estão classificados pelo INMETRO, podendo ser consultados através da etiqueta dos equipamentos; as centrais não são classificadas, gerando mais complexidade para esse tipo de sistema, que não está etiquetado e dependem de verificação do

número de requisitos, e a sua classificação também pode ser parcial idêntica a iluminação.

O RTQ-C cria condições para etiquetagem do nível de eficiência energética de edifícios através da combinação de Métodos: Pesos da Envoltória – 30%, Sistema de Iluminação – 30%, Sistema de condicionamento de Ar – 40%. Esses procedimentos são aplicados à edifícios condicionados, condicionados parcialmente e não condicionados através do Método Prescritivo. Nesse estudo o Método de Simulação Computacional não entra.

Os Regulamentos técnicos, devem atender as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT vigentes para etiquetagem do nível de eficiência energética de edifícios residenciais unifamiliares e multifamiliares ou de condomínios de edificações residenciais, comerciais e de serviços. Estudos com as informações básicas de desempenho termo energético e a avaliação da geometria do ambiente urbano na qualidade do ambiente interno da unidade habitacional, são desenvolvidos através da ferramenta RTQ-Procel. INMETRO (2010).

Uma edificação pode ser avaliada pelo método prescritivo ou por simulação computacional.

A simplificação do método prescritivo segundo o RTQ reduz os custos do processo de etiquetagem, abrangendo as tipologias uni e multifamiliares, segundo o Centro Brasileiro de eficiência energética em edificações – CB3E.

Considera-se que a Classificação “A”, atende todos os requisitos dos métodos. O método prescritivo se desenvolve através da aplicação de equações, de tabelas e parâmetros limites para obtenção de pontuação que irá indicar o nível de eficiência parcial dos sistemas de um edifício. (PROCEL,2012).

6. ANÁLISE DOS RESULTADOS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

ENVOLTÓRIA



Figura 55: Modelagem da Envoltória

Fonte: o Autor

Os requisitos de características térmicas das paredes externas devem ser de acordo com os valores de transmitância térmica (U_{PAR}), capacidade térmica (CT_{PAR}) e absorptância (cor da superfície). As paredes internas e externas são compostas pelo sistema de alvenaria. Composição: tijolos cerâmicos maciços de 16 mm, argamassa no traço apropriado com assentamento de 10 mm de espessura de reboco interno e 10 mm de reboco externo.

$$R = \frac{e}{Y} \quad R1 \text{ (argamassa)} = \frac{0,01}{1,15} = 0,00869$$

$$R2 \text{ (tijolo cerâmico)} = \frac{0,16}{0,92} = 0,1739$$

$$R3 \text{ (argamassa)} = \frac{0,01}{1,15} = 0,00869$$

$$R_{mat} = R1 + R2 + R3 = 0,19 \quad R_t = R_{se} + R_{mat} + R_{si} \quad R_t = 0,040 + 0,19 + 0,130$$

$$RT = 0,36 \text{ W (m}^2 \cdot \text{k)} \quad U = \frac{1}{R_t} \quad U_{par} = 2,77 \text{ W/m}^2 \cdot \text{k}$$

Cálculo da Transmitância térmica (U_{cob}) da cobertura, com revestimento cerâmico de 2,0 cm, argamassa de regularização de 2,0 cm e laje de concreto armado de 10,0 cm, considerando o material, a densidade aparente (r), a condutividade térmica (l) e a capacidade térmica, do concreto, argamassa de regularização e do revestimento cerâmico.

Tabela 7: Propriedades termo físicas dos materiais usados na envoltória

Material	ρ [kg/m ³]	λ [W/mK]	c [J/kgK]
Cerâmica	1000-1300	0,7	920
	1300-1600	0,9	920
	1600-1800	1	920
Argamassa Comum	1800-2100	1,15	1000
Placa de Gesso, Gesso Cartonado	750-1000	0,35	840
Concreto Normal	2200-2400	1,75	1000

Adaptada da tabela B.3 da NBR 15220-2

Fonte: RTQ-C Regulamento Técnico de Qualidade

Cobertura: Cor Vermelha (Cerâmica) - $\alpha = 0,74$

Área Total de cobertura: 108,0 m² (exceto áreas de coletores solar e cobertura da torre da caixa d'água = 14,2 m²)

Garagem: 30,9 m² UH: 77,1 m²

Componentes da cobertura: revestimento cerâmico de 2,0 cm, argamassa de regularização de 2,0 cm e laje de concreto armado de 10,0 cm e câmara de ar não ventilada de 20,0 cm.

Considerando a Direção do fluxo de calor descendente interno e externo – R_{si} 0,17 m² k/w e R_{se} 0,04 m² k/w, calculamos a resistência de cada componente do material/seção. $R = e / \lambda$

Onde: R = material da seção, e = espessura do material λ a condutividade térmica

Após os cálculos da resistência térmica de cada material da seção, somam-se todos eles, encontrando assim a R_{mat} , correspondente da seção interna.

R_{mat} (resistência termo física dos materiais= $R_1+R_2+R_3+ \dots$, acrescentando-se ainda a resistência superficial interna (R_{si}) e a resistência superficial externa (R_{se}) obtidas pela tabela da Norma, para se chegar ao R_T , onde $R_T=R_{se}+R_{mat}+R_{si}$. “ U ” é igual a Transmitância térmica dos componentes [w/m²K]; e R_t = resistência térmica dos componentes [m² k/w], sendo “ U ” o inverso da R_t .

Tabela 8 – Resistência térmica superficial interna e externa					
Rsi [m²k/W]			Rse [m²k/W]		
Direção de Fluxo de Calor			Direção de Fluxo de Calor		
Horizontal	Ascendente	Descendente	Horizontal	Ascendente	Descendente
0,13	0,10	0,17	0,04	0,04	0,04

Adaptada da tabela A.1 da NBR 15220-2

Fonte: RTQ-C Regulamento Técnico de Qualidade

Tabela 9 – Resistência Térmica da câmara de ar não ventilada				
e cam ar (mm)		Rcam ar		
		Horizontal	Ascendente	Descendente
Superfície de Alta Emissividade $\epsilon > 0,8$	$10 \leq e < 20$	0,14	0,13	0,15
	$20 < e \leq 50$	0,16	0,14	0,18
	$e > 50$	0,17	0,14	0,21
Superfície de Baixa Emissividade $\epsilon < 0,2$	$10 \leq e < 20$	0,29	0,23	0,29
	$20 < e \leq 50$	0,37	0,25	0,43
	$e > 50$	0,34	0,27	0,61

Adaptada da tabela B.1 da NBR 15220-2

Fonte: RTQ-C Regulamento Técnico de Qualidade

$$R = \frac{e}{\gamma} \quad R1 \text{ (cerâmica)} = \frac{0,02}{0,70} = 0,02857$$

$$R2 \text{ (argamassa)} = \frac{0,02}{1,15} = 0,01739$$

$$R3 \text{ (concreto)} = \frac{0,10}{1,75} = 0,05714$$

$$R_{mat} = R1 + R2 + R3 = 0,103 \quad R_t = R_{se} + R_{mat} + R_{câmara \text{ AR ventilada}} + R_{si}$$

$$R_t = 0,04 + 0,10 + 0,18 + 0,17$$

$$R_T = 0,49 \text{ W (m}^2 \cdot \text{k)} \quad U = \frac{1}{R_t} \quad U_{cob} = 2,0 \text{ W (m}^2 \cdot \text{k)}$$

ENVOLTÓRIA

Absortância: Cor Branca: $\alpha = 0,20$

Amarela: $\alpha = 0,30$

Vermelha (telhas): $\alpha = 0,20$

Somas das áreas da Envoltória:

Face Norte: 109,0 m²

Sendo: 93,0 m³ - Branca

16,0 m² - Amarela

Face Sul: 109,0 m²

Sendo: 66,0 m³ - Branca

43,0 m² - Amarela

Face Oeste: 41,0 m²

Sendo: 8,0 m² - Branca

33,0 m² - Amarela

Face Leste: 51,0 m² 51,0 m² Branca

SOMA DAS ÁREAS/Cor: Paredes Brancas: 218,0 m² Paredes Amarelas: 92,0 m²

Total: 310 m² paredes + 108,0 m² cobertura = **Aenv = 418,0 m²**

Tabela 10 Absortância da Envoltória

Cor	Áreas	Absortância	Ponderação	Total (α)
Branca	218,0	0,20	0,52	0,10
Amarela	92,0	0,30	0,22	0,06
Paredes	310,0	-	-	0,16
Vermelho	108,0	0,74	0,26	0,19
Cobertura	108,0	-	-	0,19

Fonte: o autor

Fator Forma – FF = $\frac{\sum \text{áreas fachadas} + \text{Apcob}}{\text{Vtot}}$ (Área projeção da cobertura)

Vtot (Volume Total)

FF = $\frac{418}{790}$ **FF=0,53** (Máximo de 0,75 -Equação 3.7 – RTQ-C)

para edifícios com área de projeção <500m²

Fator Altura - FA = $\frac{108,0}{243,0}$ Apcob **FA=0,44**

243,0 A Total Constr.

PAF = Percentual de abertura de fachada – total e PAFo – Fachada Oeste

Tabela 11 – Áreas das Fachadas

NORTE	12,41 m ²
SUL	8,48 m ²
LESTE	7,38 m ²
OESTE	4,53 m ²
Total	32,80 m²

Fonte: o autor

PAF Total: = $\frac{\Sigma \text{ áreas aberturas}}{\Sigma \text{ áreas fachadas}}$ = $\frac{32,80}{310,0}$ **PAFt = 0,10 %**

$\Sigma \text{ áreas fachadas}$ 310,0

PAF Oeste: = $\frac{\Sigma \text{ áreas aberturas}}{\Sigma \text{ áreas fachadas}}$ = $\frac{4,53}{41,0}$ **PAFo = 0,11 %**

$\Sigma \text{ áreas fachadas}$ 41,0

Caso PAFo for 20% superior a PAFt = adotar PAFo, para este caso adota-se o PAFt

Tabela 12 - Ângulos de auto sombreamento Vertical – AVS

NORTE	Nº Aberturas	Área Abertura	Ângulo	Ponderação	Resultado
	Cozinha	2,70	7°	0,22	1,54
	Lavabo	0,75	12°	0,06	0,72
	Escritório	1,94	7°	0,16	1,12
	Dorm. 2	2,16	7°	0,17	1,19
	WC Dorm. 3	1,62	14°	0,13	1,82
	Dorm. 3	3,24	7°	0,26	1,82
Total	6	12,41	-	1	8,21

SUL	Nº Aberturas	Área Abertura	Ângulo	Ponderação	Resultado
	Hall Superior	4,21	3°	0,50	1,50°
	Dorm. 1	1,94	7°	0,23	1,61°
	Sala Estar	2,33	5°	0,27	1,35°
Total	3	8,48	-	1	4,46°

LESTE	Nº Aberturas	Área Abertura	Ângulo	Ponderação	Resultado
	Lavabo	1,51	7°	0,20	1,40°
	Cozinha	4,36	4°	0,60	2,40°
	WCDorm. 1 e 2	1,51	14°	0,20	2,80°
Total	3	7,38	-	1	6,60°
OESTE	Nº Aberturas	Área Abertura	Ângulo	Ponderação	Resultado
	Sala Estar	4,53	3°	1	3,00°
Total	1	4,53	-	1	3,00°

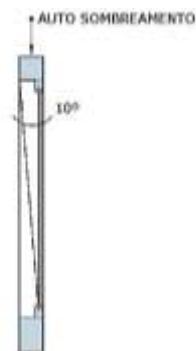
AVS - TOTAL

Fachada	Área abertura	Ângulo	Ponderação	Resultado
NORTE	12,41	8,21°	0,38	3,12°
SUL	8,48	4,46°	0,26	1,16°
LESTE	7,38	6,60°	0,22	1,45°
OESTE	4,53	3,00°	0,14	0,42°
Total	32,80	-	1	6,15°

Fonte: o autor

Ponderação = $\frac{\text{área abertura}}{\Sigma \text{ áreas aberturas das fachadas}}$ Σ áreas aberturas das fachadas**Resultado** = $\Sigma \text{ Ponderação} \times \text{Ângulo de sombreamento}$ **AVS TOTAL = 6,15°**

Os ângulos verticais são relativos ao auto sombreamento de fachadas sem a proteção solar, o resultado é a ponderação do ângulo em função da área das aberturas.

**Figura 56:** Ângulo vertical de auto sombreamento

Fonte: o autor

Tabela 13 - Ângulos de auto sombreamento horizontal – AHS

NORTE	Nº Aberturas	Área Abertura	Ângulo	Ponderação	Resultado
	Cozinha	2,70	3,0°	0,22	0,66°
	Lavabo	0,75	7,0°	0,06	0,42°
	Escritório	1,94	5,0°	0,16	0,80°
	Dorm. 2	2,16	4,0°	0,17	0,68°
	WC Dorm. 3	1,62	3,0°	0,13	0,39°
	Dorm. 3	3,24	3,0°	0,26	0,78°
Total	6	12,41	-	1	3,73°
SUL	Nº Aberturas	Área Abertura	Ângulo	Ponderação	Resultado
	Hall Superior	4,21	5,0°	0,50	2,50°
	Dorm. 1	1,94	5,0°	0,23	1,15°
	Sala Estar	2,33	5,0°	0,27	1,35°
Total	3	8,48	-	1	5,0°
LESTE	Nº Aberturas	Área Abertura	Ângulo	Ponderação	Resultado
	Lavabo	1,51	6,0°	0,20	1,20°
	Cozinha	4,36	4,0°	0,60	2,40°
	WCDorm. 1 e 2	1,51	6,0°	0,20	1,20°
Total	3	7,38	-		4,80°
OESTE	Nº Aberturas	Área Abertura	Ângulo	Ponderação	Resultado
	Sala Estar	4,53	5,0°	1	5,0°
Total	1	4,53	°	-	5,0°

AHS - TOTAL

Fachada	Área abertura	Ângulo	Ponderação	Resultado
NORTE	12,41	3,7°	0,38	1,42°
SUL	8,48	5,0°	0,26	1,30°
LESTE	7,38	4,8°	0,22	1,05°
OESTE	4,53	5,0°	0,14	0,7°
Total	32,80	-	1	4,47°

Fonte: o autor

Ponderação = área abertura

Σ áreas aberturas das fachadas

Resultado = Σ Ponderação x Ângulo de sombreamento

AHS TOTAL = 4,47°

Os ângulos horizontais são relativos ao auto sombreamento de fachadas sem a proteção solar, o resultado é a ponderação do ângulo em função da área das aberturas.

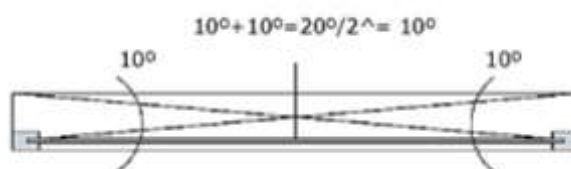


Figura 57: Ângulo horizontal de auto sombreamento

Fonte: o autor

Variáveis da Envoltória:

Tabela 14 – Variáveis da Envoltória

Ucob = 2,0 W/m²K	AVS = 6,14 °
Paredes: Upar= 2,77 W (m²K)	AHS=4,47°
Cob = 108,0 m²	FF=0,53
Par = 310,0 m²	FA=0,44
Ape= 121,50 m²	FS=0,40
Aútil= 174,75 m²	PAFt = 0,10 %
A.Total = 243,0 m²	Vtot= 1095,0 m³
A.Env= 418,0 m²	ICenv = 88,19

Fonte: o autor

Nível de eficiência da Envoltória – Procedimento de cálculo

- Verificar os Pré Requisitos
- Transmitância Térmica das paredes - U_{par}
- Transmitância Térmica da cobertura – U_{cob}
- Absortância térmica das Paredes - α_{par}
- Absortância térmica da cobertura - α_{cob}
- Calcular o FA – fator altura e o FF – fator forma da Envoltória
- Determinar o PAF - % de abertura da fachada
- Calcular o AHS – Ângulo horizontal de sombreamento (Planta) e o AVS – Ângulo vertical de sombreamento (em Corte)
- Calcular o índice de consumo e analisar os Pré-Requisitos
- Determinar o nível de eficiência da Envoltória

Ape – Área de projeção da edificação = $\frac{\sum \text{áreas pavimentadas}}{\text{número de pavimentos}}$

$$Ape = \frac{124,0 + 119,0}{2} = 121,5 \text{ m}^2 \quad \textbf{Ape = 121,5 m}^2$$

O índice de consumo da Envoltória (IC_{env}) é calculado de acordo com a Zona Bioclimática em que se encontra a edificação, portanto será considerada a Equação 3.7 do RTQ-C para Zona Bioclimática 4.

Tabela 15 – Tabelas 3. 2 e 3.3 do RTQ- C

Tabela 3.2: Parâmetros do IC _{máxD}				Tabela 3.3: Parâmetros do IC _{mín} .			
PAFt	FS	AVS	AHS	PAFt	FS	AVS	AHS
0,60	0,61	0	0	0,05	0,87	0	0

Adaptada da tabela 3.2 E 3.3 do RTQ-C

Fonte: RTQ-C Regulamento Técnico de Qualidade

O Percentual (%) Abertura da Fachada total – PAFt é calculado para todas as aberturas com materiais translúcidos ou transparentes, exceto as esquadrias.

As aberturas devem possuir um ângulo superior à 60% em relação ao plano horizontal sendo acima disso, considerada abertura zenital (PAZ). O cálculo deve ser individual para cada fachada, excluindo-se as fachadas do volume da caixa d'água, e comparados o PAFt com o PAFo (fachada oeste).

Se o PAFo for superior em 20% ao PAFt, considerar na Equação do ICEnvoltória o PAFo.

O ICMáximo D e IC Mínimo D, correspondem aos índices que a edificação deve atingir para se obter a classificação “D”.

O Fator Solar é referente ao ganho de calor através da radiação solar incidente em uma abertura, e seu cálculo é realizado de acordo com a ABNT NBR 15.220-2:2005, e na maioria das vezes pode ser encontrado nos catálogos de fabricantes de vidros. Na Equação do IC da Envoltória é utilizado o número fracionário e não a porcentagem. Ex; Fator solar 61% = 0,61.

Para o IC MAX e IC MIN são considerados fatores de alto desempenho e o Fator mínimo de 0,87 referente ao vidro comum de 0,3 mm.

Equação 3.7 – RTQ-C

$$\text{ICenv} = (105,39 \times \text{FA}) - (207,12 \times \text{FF}) + (4,61 \times \text{PAFt}) + (8,08 \times \text{FS} - 0,31) \times (\text{AVS} - 0,07) \times (\text{AHS} - 82,34) \times (\text{FA} \times \text{FF} + 3,45) \times (\text{PAFt} \times \text{FS} - 0,005) \times (\text{PAFt} \times \text{FS} \times \text{AVS} \times \text{AHS}) + 171,27$$

Memória de cálculo IC env – sem proteção solar

$$\text{IC env} = (105,39 \times 0,44) - (207,12 \times 0,53) + (4,61 \times 0,10) + (8,08 \times 0,40 - 0,31) \times (6,14 - 0,07) \times (4,47 - 82,34) \times (0,44 \times 0,53 + 3,45) \times (0,10 \times 0,40 - 0,005) \times (0,10 \times 0,40 \times 6,14 \times 4,47) + 171,27 =$$

$$\boxed{\text{IC env} = 90,28} \quad \text{NÍVEL “A”}$$

Memória de cálculo IC Max D:

$$\text{IC env} = (105,39 \times 0,44) - (207,12 \times 0,53) + (4,61 \times 0,60) + (8,08 \times 0,61 - 0,31) \times (6,14 - 0,07) \times (4,47 - 82,34) \times (0,44 \times 0,53 + 3,45) \times (0,60 \times 0,61 - 0,005) \times (0,60 \times 0,61 \times 6,14 \times 4,47) + 171,27 =$$

$$\boxed{\text{IC max D} = 95,36}$$

Memória de cálculo IC Min.:

$$\text{IC env} = (105,39 \times 0,44) - (207,12 \times 0,53) + (4,61 \times 0,05) + (8,08 \times 0,87 - 0,31) \times (6,14 - 0,07) \times (4,47 - 82,34) \times (0,44 \times 0,53 + 3,45) \times (0,05 \times 0,87 - 0,005) \times (0,05 \times 0,87 \times 6,14 \times 4,47) + 171,27 =$$

$$\boxed{\text{IC min.} = 93,85}$$

$$i = \frac{\text{ICmaxD} - \text{ICmin.}}{4} = \frac{95,36 - 93,85}{4} \quad \boxed{i = 0,38}$$

Tabela 16 – Tabela 3.4 do RTQ-C

Eficiência	A	B	C	D	E
Lim. Min.	-	ICmax. D – 3i+0,01	ICmax. D – 2i+0,01	ICmax. D – i+0,01	ICmax. D +0,01
Lim. Max.	ICmax. D – 3i	ICmaxD – 2i	ICmaxD – i	ICmaxD	-

Adaptada da tabela 3.4 do RTQ-C

Fonte: RTQ-C Regulamento Técnico de Qualidade

Tabela 17 – Níveis de eficiência – IC máx.D e IC mín. – sem proteção solar

Níveis de Eficiência	Limite Máximo	Limite Mínimo
A	94,22	-
B	94,60	94,23
C	94,98	94,61
D	95,36	94,99
E	-	95,37

Fonte: o autor

Tabela 18 – Resultado Geral – ICEnvoltória – sem proteção solar

Característica	UH	ICmaxD	ICmin.
FF	0,53	0,53	0,53
FA	0,44	0,44	0,44
AVS	6,14	0	0
AHS	4,47	0	0
FS	0,40	0,61	0,87
PAFt	0,10	0,60	0,05
ICEnv	90,28	95,36	93,85

Fonte: o autor

O Valor do ICEnv é inferior ao Limite do nível “A”, portanto a Envoltória analisada possui Nível “A”, necessitando ainda a análise dos Pré-Requisitos para resultado final da eficiência.

6.1 – Análise dos Pré-Requisitos da Envoltória

Tabela 19 – Análise dos Pré-Requisitos da Envoltória

Tabela de análise dos limites de Absortância				
Dados	Nível A	Nível B	Nível C e D	UH
Paredes	< 0,5	-	-	0,16
Cobertura	< 0,5	< 0,5	-	0,19
Transmitância Térmica – Zona Bioclimática ZB-4				
	A	B	C e D	UH (w/m² k)
Paredes	$\leq 3,7$	$\leq 3,7$	$\leq 3,7$	2,77
Cobertura Climatizada	$\leq 1,0$	$\leq 1,5$	$\leq 2,0$	-
Cobertura NÃO Climatizada	$\leq 2,0$	$\leq 2,0$	$\leq 2,0$	2,0

Fonte: o autor

Após a análise dos Pré-Requisitos, concluímos que a Envoltória permanecerá com a Classificação “A”, cumprindo ao Pré-requisito de transmitância e absortância para o Nível “A” com equivalente numérico 5.

Tabela 20 – Análise AVS com ângulo máximo de sombreamento – proteção solar

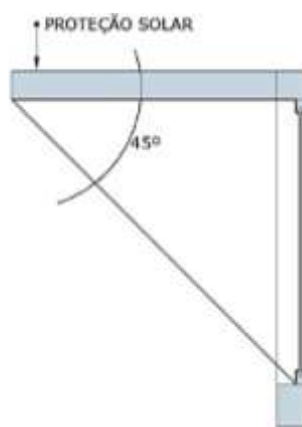
NORTE	Nº Aberturas	Área Abertura	Ângulo	Ponderação	Resultado
	Cozinha	2,70	45°	0,22	9,90
	Lavabo	0,75	45°	0,06	2,70
	Escritório	1,94	45°	0,16	7,20
	Dorm. 2	2,16	45°	0,17	7,65
	WC Dorm. 3	1,62	45°	0,13	5,85
	Dorm. 3	3,24	45°	0,26	11,70
Total	6	12,41	-	1	45,0°
SUL	Nº Aberturas	Área Abertura	Ângulo	Ponderação	Resultado
	Hall Superior	4,21	45°	0,50	22,50°
	Dorm. 1	1,94	45°	0,23	10,35°
	Sala Estar	2,33	45°	0,27	12,15°
Total	3	8,48	-	1	45,0°

LESTE	Nº Aberturas	Área Abertura	Ângulo	Ponderação	Resultado
	Lavabo	1,51	45°	0,20	9,0°
	Cozinha	4,36	45°	0,60	27,0°
	WCDorm. 1 e 2	1,51	45°	0,20	9,0°
Total	3	7,38	-		45,0°
OESTE	Nº Aberturas	Área Abertura	Ângulo	Ponderação	Resultado
	Sala Estar	4,53	45°	1	45°
Total	1	4,53	°	-	45,0°

AVS - TOTAL

Fachada	Área abertura	Ângulo	Ponderação	Resultado
NORTE	12,41	45,0	0,38	17,10
SUL	8,48	45,0	0,26	11,70
LESTE	7,38	45,0	0,22	9,90
OESTE	4,53	45,0	0,14	6,30
Total	32,80	-	1	45,0°

Fonte: o autor

**Figura 58:** AVS - Ângulo máximo considerado para proteção solar

Fonte: o autor

Equação 3.7 – RTQ-C

$$IC_{env} = 105,39 \times FA - 207,12 \times FF + 4,61 \times PAFt + 8,08 \times FS - 0,31 \times AVS - 0,07 \times AHS - 82,34 \times FA \times FF + 3,45 \times PAFt \times FS - 0,005 \times PAFt \times FS \times AVS \times AHS + 171,27$$

Memória de cálculo IC env – com proteção solar

$$\text{IC env} = 105,39 \times 0,44 - 207,12 \times 0,53 + 4,61 \times 0,10 + 8,08 \times 0,40 - 0,31 \times 45,0 - 0,07 \times 0 - 82,34 \times 0,44 \times 0,53 + 3,45 \times 0,10 \times 0,40 - 0,005 \times 0,10 \times 0,40 \times 45,0 \times 0 + 171,27 =$$

$$\boxed{\text{IC env} = 78,55}$$

Memória de cálculo IC Max D:

$$\text{IC env} = 105,39 \times 0,44 - 207,12 \times 0,53 + 4,61 \times 0,60 + 8,08 \times 0,61 - 0,31 \times 45,0 - 0,07 \times 0 - 82,34 \times 0,44 \times 0,53 + 3,45 \times 0,60 \times 0,61 - 0,005 \times 0,60 \times 0,61 \times 45,0 \times 0 + 171,27 =$$

$$\boxed{\text{IC max D} = 83,67}$$

Memória de cálculo IC Min.:

$$\text{IC env} = 105,39 \times 0,44 - 207,12 \times 0,53 + 4,61 \times 0,05 + 8,08 \times 0,87 - 0,31 \times 45,0 - 0,07 \times 0 - 82,34 \times 0,44 \times 0,53 + 3,45 \times 0,05 \times 0,87 - 0,005 \times 0,05 \times 0,87 \times 45,0 \times 0 + 171,27 =$$

$$\boxed{\text{IC min.} = 82,13}$$

$$i = \frac{\text{ICmaxD} - \text{ICmin.}}{4} = \frac{83,67 - 82,13}{4} \quad \boxed{i = 0,39}$$

Tabela 21 – Tabela 3.4 do RTQ-C

Eficiência	A	B	C	D	E
Lim. Min.	-	ICmax. D – 3i+0,01	ICmax. D – 2i+0,01	ICmax. D – i+0,01	ICmax. D +0,01
Lim. Max.	ICmax. D – 3i	ICmaxD – 2i	ICmaxD – i	ICmaxD	-

Adaptada da tabela 3.4 do RTQ-C

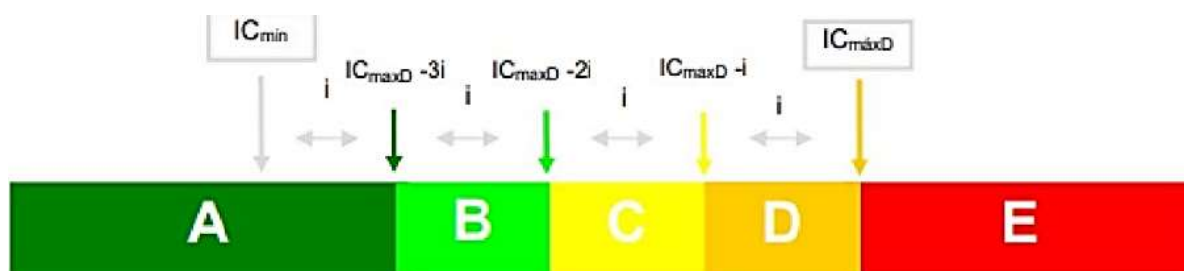
Fonte: RTQ-C Regulamento Técnico de Qualidade**Figura 59:** Ilustração do Cálculo do IC**Fonte:** RTQ-C Regulamento Técnico de Qualidade

Tabela 22– Níveis de eficiência – IC máx.D e IC mín. – com proteção solar

Níveis de Eficiência	Limite Máximo	Limite Mínimo
A	82,50	-
B	82,89	82,51
C	83,28	82,90
D	83,67	83,29
E	-	83,68

Fonte: o autor

Tabela 23 – Resultado Geral – ICEnvoltória – com proteção solar

Característica	UH		ICmaxD	ICmin.
FF	0,53		0,53	0,53
FA	0,44		0,44	0,44
AVS	45,0		0	0
AHS	0		0	0
FS	0,40		0,61	0,87
PAFt	0,10		0,60	0,05
ICEnv	78,55		83,67	82,13

Fonte: o autor

O IC – Indicador de Consumo obtido, deve ser comparado a uma escala, dividida em intervalos após os cálculos de $i=$, descrevendo a variação de desempenho de A – E, indicando que quanto menor o valor obtido, mais eficiente será a Envoltória da edificação, determinada pela volumetria do edifício e através dos parâmetros do Fator Forma (FF) e Fator Altura (FA).

Podemos verificar que a Envoltória auto sombreada, sem proteção solar, obteve o nível “A” de eficiência energética, cumprindo os pré-requisitos de absortância e transmitância da Envoltória, o mesmo ocorrendo com a edificação considerada sombreada pelo ângulo máximo da proteção solar (AVS) vertical.

O método Prescritivo não admite a influência do sombreamento ocasionado por edifícios vizinhos, e ou acidentes geográficos entorno, mesmo assim concluímos que a fachada sombreada com proteção solar foi mais eficiente em aproximadamente 15,0 % no seu desempenho energético.

7. SISTEMA DE ILUMINAÇÃO – Procedimento de Cálculo

- Informações do Projeto – conjunto de luminárias utilizadas
- Aplicação do método de atividades, determinando a Potência instalada e as áreas de iluminação.
- Cálculo da densidade de potência limite
- Determinação do nível de eficiência
- Verificar os Pré-requisitos específicos
- Classificação final e equivalente numérico de iluminação

Equipamentos e Características

Luminárias tipo Plafon com Lâmpada de LED de 10W – 1018 Lúmens e reator eletrônico com potência total de 10W – Perdas: 6W

Luminárias tipo Plafon com Lâmpada de LED de 15W – 1507 Lúmens e reator eletrônico com potência total de 15W – Perdas: 6W

Luminárias tipo Plafon com Lâmpada de LED de 20W – 2000 Lúmens e reator eletrônico com potência total de 20W – Perdas: 6W

Luminárias tipo Plafon com Lâmpada de LED de 30W – 3000 Lúmens e reator eletrônico com potência total de 30W – Perdas: 6W

Tabela 24 – Potência instalada

Ambiente/Atividade	Área (m²)	Lúmens p/ m²	Potência Instalada (W)
Área de serviços	8,60	200	20
Cozinha	20,50	400	90
Sala de estar	22,40	200	60
Escritório	9,80	400	40
Hall de Escada	36,60	112,50	60
Dormitórios (1 – 2 – 3)	50,95	150	105
WC + Lavabo (1 – 2 – 3)	25,90	150	50
Total	174,75		425

Fonte: o autor

A baixa Potência instalada, se deve aos novos sistemas de Iluminação em LED. Considerados no estudo.

Tabela 25 - Densidade de potência de iluminação [w/m²] – limite máximo aceitável DPI

Ambiente/Atividade	Área (m²)	DPI _L [w/m²] A	DPI _L [w/m²] B	DPI _L [w/m²] C	DPI _L [w/m²] D
Área de serviços	8,60	6,50	7,80	9,10	10,40
Cozinha	20,50	10,70	12,84	14,98	17,12
Sala de estar	22,40	6,00	7,20	8,40	9,60
Escritório	9,80	11,90	14,28	16,66	19,04
Hall de Escada	36,60	7,40	8,88	10,36	11,84
Dormitórios (1 – 2 – 3)	50,95	4,10	4,92	5,74	6,56
WC + Lavabo (1 – 2 – 3)	25,90	5,00	6,00	7,00	8,00
Total	174,75				

Fonte: o autor

Tabela 26 – Densidade de Potência Instalada Limite (w) = DPIL x Área

Ambiente/Atividade	Área (m²)	DPI _L [w/m²] A	DPI _L [w/m²] B	DPI _L [w/m²] C	DPI _L [w/m²] D	PI (W)
Área de serviços	8,60	55,90	67,08	78,26	89,44	20
Cozinha	20,50	219,35	262,22	307,09	350,96	90
Sala de estar	22,40	134,40	161,28	188,16	215,04	60
Escritório	9,80	116,62	139,94	163,27	186,59	40
Hall de Escada	36,60	270,84	325,00	213,41	87,61	60
Dormitórios (1, 2 e 3)	50,95	208,89	250,67	292,45	334,23	105
WC (1, 2 e 3) e Lavabo	25,90	129,50	155,40	181,30	207,20	50
Total	174,75	1135,50	1362,59	1423,94	1471,07	425

PI = Potência instalada (Watts)

Fonte: o autor

Tabela 27 - Equivalente numérico DPI

Ambiente	Potência(w)	Pond/Pot.	Efic. sistema	Eqnum.	Pond x Eqnum.
Área de serviços	20	0,04	A	5	0,20
Cozinha	90	0,22	A	5	1,10
Sala de estar	60	0,14	A	5	0,70
Escritório	40	0,09	A	5	0,45
Hall de Escada	60	0,14	A	5	0,70
Dormitórios (1, 2 e 3)	105	0,25	A	5	1,25
WC (1, 2 e 3) e Lavabo	50	0,12	A	5	0,60
	425	1			5,0

Nenhum dos ambientes, possuem índice de ambiente (k) e (RCR) maior que a Tabela 4.2 do RTQ-C.

Fonte: o autor

Nível de eficiência “**A**” com **Equivalente numérico DPI = 5**

Os pavimentos possuem área inferior a 250,0 m² cada um, e todos ambientes com aberturas voltadas para o exterior e contribuição da luz natural e dispositivos de controle manual para o acionamento independente da iluminação interna. A baixa potência instalada por Leds, contribuíram para a eficiência do sistema de iluminação.

8. SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR

- Determinar a eficiência do Sistema
- Bonificações

Tabela 28 – Equivalente numérico do Sistema de Condicionamento de ar

Ambientes condicionados		M²	Btu's	Classificação INMETRO	Ambientes não condicionados	
Sala de Estar		22,40	14.000	C	Hall da escada	
Escritório		9,80	7000	A	WC e Lavabo	
Dormitório 1		8,95	7000	A	Cozinha e Área de serviços	
Dormitório 2		14,40	9000	A		
Dormitório 3		27,60	18000	C		
		83,15	55000	-		
Sistema	Potência	Pond/Pot.	Efic. sistema	Eqnum.	Pond x Eqnum.	
Split A	7000	0,12	A	5	0,60	
Split A	7000	0,11	A	5	0,55	
Split A	9000	0,17	A	5	0,85	
Split C	14000	0,27	C	3	0,81	
Split C	18000	0,33	C	3	0,99	
	55000	1			3,80	

Fonte: o autor

Equipamentos do tipo Split regulamentados pelo INMETRO, o isolamento dos dutos de ar, devem atender a Tabela 5.2 do RTQ-C.

Classificação final do Condicionamento de Ar é **“B”** – $3,5 \leq 3,80 < 4,50$

A classificação “C” do equipamento da Sala de estar e do Dormitório 3, contribuíam para a classificação “B” do Sistema de condicionamento de ar.

9 - PRÉ-REQUISITOS GERAIS E BONIFICAÇÕES

Além dos Pré-Requisitos Gerais de Envoltória, Iluminação e Condicionamento de Ar, o edifício deve atender aos Pré-Requisitos específicos de Iluminação, de acordo com o nível de eficiência alcançado;

As Bonificações, são iniciativas que podem contribuir para o aumento de eficiência da edificação, podendo receber um ponto na classificação geral, e para ser considerada Bonificação é necessário a comprovação da eficiência, para o Sistema de economia de água, comprovando a redução mínima de 40% no consumo, outros

sistemas como energia renováveis e técnicas de cogeração também são considerados bonificações.

As variáveis para atender os Pré-requisitos do Sistema de Iluminação são: Luminárias próximas às janelas, com acionamento independente, aproveitando a iluminação natural, considerando total a divisão dos circuitos.

Para o sistema de condicionamento de ar, será considerado o circuito elétrico separado para uso final, como também, baixa demanda do consumo de água quente.

Não são consideradas as áreas de permanência dos seguintes ambientes: garagens, estacionamentos, depósitos, despensas, banheiros, áreas de circulação em geral, áreas técnicas, entre outros ...

10. CLASSIFICAÇÃO GERAL DA EDIFICAÇÃO

Envoltória + Iluminação + Condicionamento de Ar + Bonificações

A classificação Geral é calculada através da Equação 2.1 do RTQ-C, considerando a distribuição dos pesos: Envoltória – 30%, Iluminação – 30% e Condicionamento de Ar – 40%.

A edificação localizada na cidade de Araraquara, São Paulo, possui 2 pavimentos, com cobertura de telha cerâmica, e fachadas nas cores branca e amarela, com sistema de condicionamento de ar certificados pelo INMETRO nos ambientes de permanência prolongada. O sistema de redução de consumo de água contribuiu com 20% (0,5 pontos), a metade do valor máximo estipulado no RTQ-C e todos os ambientes possuem abertura para o exterior, com luminárias em Led e comando individual de acionamento. O aquecimento de água é solar e a demanda de consumo é baixa.

Tabela 29 - Resumo Geral de Eficiência Energética da edificação

Ucob = 2,0 W/m²K	FF=0,53
Paredes: Upar= 2,77 W (m²K)	FA=0,44
α par = 0,16	FS=0,40
αcob = 0,19	PAFt = 0,12 %
Cob = 108,0 m²	Vtot= 1095,0 m³
Par = 310,0 m²	ICenv = 88,08
Ape= 121,50 m²	Eqnum Env = 5
Aútil= 174,75 m²	EqNumDPI = 5
A.Total = 243,0 m²	EqNumCA = 4
A.Env= 418,0 m²	EqNumV = 0
AVS = 6,14° e AVS=45,0°	AC = 83,15
AHS= 4,47° e AHS = 0	APT = 62,50
FF=0,53	ANC = 0
FA=0,44	B – Pontuação das Bonificações = 0,5
FS=0,40	

Fonte: o autor

Equação 2.1 – RTQ-C

$$PT = 0,30 \cdot \left\{ \left(EqNumEnv \cdot \frac{AC}{AU} \right) + \left(\frac{APT}{AU} \cdot 5 + \frac{ANC}{AU} \cdot EqNumV \right) \right\} + 0,30 \cdot (EqNumDPI) \\ + 0,40 \cdot \left\{ \left(EqNumCA \cdot \frac{AC}{AU} \right) + \left(\frac{APT}{AU} \cdot 5 + \frac{ANC}{AU} \cdot EqNumV \right) \right\} + b_0^1$$

Memória de cálculo: **com e sem proteção solar**

$$PT = 0,30 \cdot (2,379 + 1,788 + 0) + 1,500 + 0,40 \cdot (1,903 + 1,788 + 0) + 0,50$$

$$PT = 1,25 + 1,5 + 1,476 + 0,5 = \mathbf{4,72}$$

Classificação Geral: $\geq 4,5$ a 5

Classificação final = A

Como não houve alteração no Equivalente numérico da Envoltória, nos dois casos a classificação final da unidade habitacional se manteve na classificação “A”.

Tabela 30: Pontuação e Nível de eficiência

<i>Pontuação (PT)</i>	<i>Nível de Eficiência</i>
$PT \geq 4,5$	A
$3,5 \leq PT < 4,5$	B
$2,5 \leq PT < 3,5$	C
$1,5 \leq PT < 2,5$	D
$PT < 1,5$	E

Fonte: RTQ-C – Regulamento Técnico de Qualidade

10.2 Classificação Final – UH – Nível de eficiência e Pontuação Total

Tabela 31: Classificação final da UH

Classificação final da UH	A
Pontuação Total	4,72

Fonte: o Autor

11. CONCLUSÕES

Apesar do aumento do número de pesquisas e artigos sobre o clima urbano, as questões relacionadas ao sombreamento das fachadas e do entorno é relativamente pequena. Em geral os Projetistas e Arquitetos não fazem uso das características climáticas da região, muitas vezes projetos de zonas bioclimáticas diferentes são aplicados em outras regiões desconsiderando o aproveitamento de iluminação, ventilação natural, orientação solar, entorno e variações climáticas da região.

Os Códigos de Obras Municipal e o conjunto de Regulamentações de projetos em sua maioria, consideram apenas a relação de altura do edifício e os recuos para garantir o índice mínimo de iluminação e ventilação. Nem sempre são baseados em critérios técnicos comprovados em termos de conforto térmico e eficiência energética.

A incidência da radiação solar ou o sombreamento causado nas fachadas e no solo são praticamente desprezadas como estratégias de projeto para a melhoria das condições de conforto. Como exemplo citamos o Código de Obras de Araraquara, descrito na Lei Complementar nº 21 de 01 de junho de 1998, PMA (1998), que considera o edifício como uma unidade isolada, não admitindo índices de influência e impactos por projeção de sombras no entorno ou de proteções solares (brises). Seja em unidades habitacionais horizontais ou verticais, a política urbana de Zoneamento, considera proporcionar o aproveitamento da infraestrutura urbana e aplicar regras do uso do solo. Dessa forma, podem incentivar a verticalização com ênfase na sustentabilidade e eficiência energética, promovendo o desenvolvimento urbano sustentável e equilibrado do Município.

Em geral, as regras construtivas descritas nos Planos Diretores costumam valorizar demasiadamente a geometria urbana, fazendo pouca ou nenhuma consideração em relação ao tipo de superfícies das edificações. A influência da volumetria no microclima urbano ou na ventilação urbana, definem os gabaritos de uma determinada área urbana, limitando o coeficiente de ocupação, de permeabilidade e índices de aproveitamento. Mesmo estes tendo se mostrado insuficientes para mitigar impactos de vizinhança decorrentes da implantação de empreendimentos imobiliários em áreas habitadas. As regras em vigor não têm sido suficientes para garantir a qualidade ambiental do interior das construções, nem das condições de conforto térmico no ambiente aberto.

A hipótese desse estudo verificou que o sombreamento pode contribuir para o aumento do desempenho energético da unidade habitacional, de acordo com o clima da Zona Bioclimática em que está inserida a edificação. Indiferente da sua distância e altura (H/W), o estudo é apenas parte de uma linha de pesquisa que visa o desenvolvimento de uma análise mais aprofundada nas condições de conforto térmico e eficiência energética em uma unidade habitacional situada em um recorte e em diferentes cenários de ocupação urbana.

Segundo Pereira (2017), simulações computacionais realizadas com parâmetros do Regulamento de Qualidade RTQ-R para uma edificação isolada, demonstraram que a eficiência energética dos ambientes de permanência prolongada com paredes sombreadas, se mantiveram com níveis “A”. O mesmo ocorreu com esse estudo, que teve como objetivo, representar o sombreamento da edificação e a classificação energética de uma unidade habitacional, onde aplicando os parâmetros

do Regulamento Técnico de Qualidade - RTQ-C, também se manteve com níveis “A” de eficiência energética. Considerando assim que o conforto térmico é ideal para a Zona Climática 4 representada na Carta de Givoni.

Esse estudo, nos mostra que o sombreamento da verticalização colaborou com a eficiência energética da unidade habitacional, mantendo o nível “A” de eficiência energética e consequentemente do conforto ambiental. Mesmo assim, ainda é necessário ampliar os estudos das tipologias possíveis de acordo com as premissas do Plano Diretor. Para se configurar zonas urbanas adensadas e verticalizadas ordenadamente, é preciso estabelecer os limites de altura e recuos a partir de parâmetros técnicos, como o FVC e a relação H/W, a proporção entre áreas vegetadas, pavimentadas e a mobilidade urbana.

Apresentamos nesse estudo os resultados e as avaliações da Envoltória, condicionamento de ar, iluminação, transmitância térmica, absorvância das cores da fachada e cobertura e as variações mínimas e máximas dos ângulos de sombreamento AHS e AVS utilizados nas aberturas das fachadas em uma unidade habitacional unifamiliar. Aplicamos o RTQ-C-Regulamento Técnico para edifícios Comerciais, que diferentemente do RTQ-R, considera o condicionamento de ar e não a Eficiência do Sistema de aquecimento de água.

Através de uma atualização do Plano Diretor, a possibilidade de Verticalização de média e alta alturas em vazios urbanos de áreas consolidadas, podem promover o aproveitamento da infraestrutura urbana, e o adensamento do uso do solo. Assim o estudo pode auxiliar o Planejamento Urbano e na definição de uma altura ideal para cada Zoneamento. Poderá também contribuir na implantação de novos edifícios, reduzindo o impacto do sombreamento na vizinhança, considerando a relação H/W para o cálculo de sombreamento indiferente da geometria urbana.

Podemos concluir também que a unidade habitacional do recorte estudado, manteve o índice de consumo da envoltória na classificação “A” com os ângulos mínimos e máximos de sombreamento admitidos pelo RTQ-C. O método prescritivo aplicado não considera o sombreamento do entorno, e o conforto dos ambientes internos, possível apenas com a aplicação do método de simulação. Portanto consideramos a simulação da Carta Bioclimática da Zona Bioclimática 4 como parâmetro indicativo de conforto humano em função do desempenho da Envoltória com Classificação “A”. As avaliações do impacto da quantidade de horas de sombreamento, juntamente com a interferência do sombreamento causado pelos

ângulos considerados pelo RTQ-C, e o sombreamento dos cenários moderados e críticos de uso e ocupação do solo, demonstram que o aumento do potencial construtivo interferiu no desempenho energético da unidade habitacional. Araraquara está inserida em uma região de clima quente em praticamente todas as estações do ano, com temperatura média anual de 18°.

Segundo Fossati e Lamberts (2010), o RTQ-C está sendo aplicado em diversos edifícios e os pontos críticos estão sendo avaliados para possíveis revisões do documento. Atestando também que as orientações das fachadas são variáveis importantes em conjunto com as aberturas (PAF – Percentual de abertura das fachadas). As orientações favoráveis podem possuir maiores aberturas e as fachadas com maior percentual de aberturas Oeste, podem comprometer a eficiência da envoltória.

A Carta Bioclimática de Givoni (1969), determina as características climáticas considerando a região, a umidade relativa e a temperatura. Recomenda as propriedades térmicas dos materiais da Envoltória para o inverno e verão dos sistemas construtivos relativos ao desempenho térmico e melhor adequação climática para cada zona bioclimática. A zona de conforto “E” – central da carta Bioclimática, pode ser alterada de acordo com as decisões de projeto arquitetônico, influenciando no conforto e desconforto do interior dos ambientes. Portanto a classificação da Envoltória proporciona a variação do conforto interno de acordo com os materiais empregados na construção, inércia térmica, aquecimento solar e proteção dos ambientes internos. As estratégias do Zoneamento Bioclimático são distintas para cada Zoneamento, devido à grande extensão territorial Brasileira

A metodologia aplicada pode contribuir com o zoneamento urbano e o uso e ocupação do solo, podendo ainda colaborar para o estabelecimento de regras específicas para verticalização em função do microclima de cada área. Portanto, as normativas técnicas e diretrizes legais em instâncias municipais, para construção e avaliação de qualidade de edificações, podem considerar os possíveis impactos causados pelo entorno, principalmente a partir do microclima urbano e do sombreamento.

Para o desenvolvimento do método de análise de futuros trabalhos, pode-se ainda estabelecer correlações entre os métodos prescritivo e simulado, e a variação de temperatura e umidade do ar com as construções existentes, ou seja, os valores de FVC. As temperaturas coletadas de áreas de sombreamento serão correlacionados

entre si de modo a compreender os principais fatores de influência sobre a eficiência energética e o conforto ambiental de Unidades Habitacionais.

A ciência, por sua vez, no âmbito das questões urbanas, tende a apoiar as ações de aperfeiçoamento dos processos de tomada decisão de forma isenta e imparcial. Oferecerá sempre recursos técnicos em prol da qualidade ambiental urbana, que possa afetar as condições de conforto ambiental tanto em escala microclimática quanto dos ambientes internos. Este estudo pode auxiliar na análise dos parâmetros construtivos, impacto de vizinhança por sombreamento e diretrizes do PDDPA para a concepção de novos projetos. A construção de edifícios sustentáveis, poderá proporcionar conforto térmico aos seus usuários, fazendo o melhor uso da ventilação, da iluminação natural e do direito ao sol.

Outras medidas consideradas simples podem ser aplicadas para a redução do consumo de energia, como a troca de cores e materiais da fachada e cobertura. A redução das aberturas ou aumento do sombreamento das aberturas das fachadas Oeste, também são ações simplificadas que podem contribuir.

O estudo científico apresenta algumas limitações, que foram proporcionadas pelo método aplicado, e que talvez o método prescritivo não considere o sombreamento do entorno devido à grande variação da morfologia urbana, ocasionada pelos Planos Diretores. Os Códigos de obras, não podem ser generalizados em diferentes regiões. O resultado foi possível, com o estudo dos ângulos de sombreamento, considerando o edifício como um Brise próximo a unidade habitacional.

E a segunda limitação, é a complexidade para se quantificar as sombras e obter dados climáticos de determinadas regiões e os índices de conforto interno que só podem ser determinados pelo método de simulação, com maior custo, tempo e a necessidade de especialistas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT): NBR 15220, 2005: Desempenho Térmico de Edificações – NBR 15220-3 - Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares e de interesse social. Rio de Janeiro, 2003. 7p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT): NBR 15575, 2013: Desempenho – NBR 15575-1 - Parte 1: Requisitos Gerais, NBR 15575-4 - Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas, NBR 15575-5 – Parte 5: Requisitos para os sistemas de cobertura. Rio de Janeiro, 2013. 71p.

Ata de Audiência Pública de 17 de abril de 2013. Disponível em:
www3.araraquara.sp.gov.br/imageBank/---/ata%2017042013.doc

Ata de Audiência Pública de 24 de setembro de 2014. Disponível em:
www3.araraquara.sp.gov.br/imageBank/FCKEditor/fila/administrador/AUDIENCIA%20PUBLICA%20FINAL-%20ATA%20-24%20-09-2014.pdf

BARBIRATO, G. M., TORRES, S. C., BARBOSA R.V.R., Espaços livres e morfologia urbana: Discussões sobre influências na qualidade climática e sustentabilidade urbana a partir de estudos em cidades no Estado do Alagoas – Brasil. In: Paisagem e Ambiente: ENSAIOS – nº 36 – São Paulo – p.49 – 68 – 2015.

BARBUGLI, RENATA ABOUD, Influência do Ambiente construído na distribuição das temperaturas do Ar em Araraquara, Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) Universidade Federal de São Carlos – São Paulo, 2004.

BRASIL, Secretaria Nacional de Programas Urbanos, Ministério das Cidades, Estatuto da Cidade. – 3. ed. – Brasília: Senado Federal, Subsecretaria de Edições Técnicas, 2008. 102 p.

BRASIL. Lei Federal no. 10.257 de 10 de julho de 2001. Estatuto da Cidade. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/l10257.htm. Acessado em 20 maio 2017.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. Selo Casa Azul. Boas práticas para habitação mais sustentável. Coordenadores Vanderley Moacyr John, Racine Tadeu Araújo Prado. São Paulo: Páginas & Letras - Editora e Gráfica, 2010. ISBN 978-85-86508-78-3

CÂMARA MUNICIPAL DE ARARAQUARA – ESTADO DE SÃO PAULO. LEI COMPLEMENTAR Nº 21, DE 1º DE JULHO DE 1998. Dispõe sobre a aprovação da Codificação de norma para as construções no Município Disponível em

<http://www.camara-arq.sp.gov.br/Siave/documento?sigla=lc&numero=21> Acessado em 28 maio 2017.

CB3E – Centro Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações. Disponível em: cb3e.ufsc.br

CENTRO DE PESQUISAS METEOROLÓGICAS E CLIMÁTICAS APLICADAS A AGRICULTURA – CEPAGRI. Classificação climática de Koeppen para o estado de São Paulo. Disponível em: <http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima-dos-municipios-paulistas.html> Acesso em: abril 2017. Acessado em 30 / 05 / 2017

CHEN, L.; NG, E.. Quantitative urban climate mapping based on a geographical database: A simulation approach using Hong Kong as a case study. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 13, p. 586 – 594, 2011.

CHVATAL, K.M.S., RORIZ, V.F..Avaliação do desempenho térmico de habitações segundo a ABNT NBR 15575.[in]: FABRICIO, M.M.,ONO, R..

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo.

Disponível em: <https://Cetesb.sp.gov.br>

FOSSATI, M.; LAMBERTS, R. – Eficiência energética da envoltória de escritórios de Florianópolis - Ambiente Construído, Porto Alegre. V10; n2, p.59-69. Abr/jun. 2010

EPE – Empresa de Pesquisa Energética

Disponível em: <http://epe.gov.br>

GONÇALVES, J.C.S.;DUARTE,D.H.S.; Arquitetura Sustentável: uma integração entre ambiente, projeto e tecnologia em experiências de pesquisa, prática e ensino - Ambiente Construído, Porto Alegre, v6, n.4, p. 51-81 out./dez. 2006.

Google Earth Pro 2018. Disponível em: <https://www.google.com.br/intl/pt-PT/earth/>

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: www.ibge.gov.br.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia
www.inmet.gov.br

INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. Disponível em:
www.inmetro.gov.br.

LABEEE - LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES.
 ZBBR disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/downloads/softwares/zbbr>.

LIMA, A.; Ex-Secretária de Desenvolvimento Urbano da Prefeitura Municipal de Araraquara, Me. Professora de Arquitetura e Urbanismo da UNIARA - Universidade de Araraquara, entrevista em março de 2018.

Manual para Aplicação do RTQ-C PROCEL EDIFICA, Eficiência energética em edificações. Disponível em: www.pbeedifica.com.br/etiquetagem/publica/manual

MASCARÓ, L. Análise da Legislação Técnica Vigente Relativa ao Conforto Ambiental no Brasil. In: Encontro Nacional de Normalização de ligada ao uso racional de energia e ao conforto ambiental em edificações, 1991, Florianópolis, SC. p.26-41.

MATZARAKIS, A.. Rayman 1.2. (2009). Disponível em: <http://www.mif.uni-freiburg.de/rayman/intro.htm>. Acessado em 15 Janeiro 2014

MATZARAKIS, A., RUTZ, F., MAYER, H.. (2010) Modelling radiation fluxes in simple and complex environments – Basics of the RayMan model. International Journal of Biometeorology. Volume 54, pp 131-139.

NUCCI. João Carlos, (2001) Qualidade Ambiental e adensamento urbano – Um estudo de ecologia e planejamento da paisagem aplicado ao distrito de Santa Cecília (MSP) 2ª ed. – Curitiba: O autor, 2008, 150p.; il. Disponível em: <http://portal.ufpr.br>
 OLGAY, V. Design with Climate: Bioclimatic Approach to Architecture Regionalism. Princeton University Press, 190 páginas, 1963.

ONSET Comp, Disponível em: <http://onsetcomp.com>

OKE,T.R.,Canyon Geometry and the Nocturnal Urban Heat Island: comparison of scale model and field observations. Journal of Climatology, v1, n.1/4 p. 237-254, 1981.

OKE, T.R., Boundary Layer Climates. Nova York:Methuen, 1978.

PEREIRA,S.R.,Duarte,C.M.,CUNHA,E.G.,KREBS,L.F.,LEITZKE,R.K.,SILVA,A.C.S.B.,BENINCA,L. – Efeitos de sombreamento no desempenho de edificação com envelope isolado na ZB2 – PARC Pesquisa de arquitetura e construção, Campinas, SP v.7,n3,p. 145-159 out. 2016. Disponível em: <http://periódicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/view/8647327>.

PNUD Brasil – Programa das Nações Unidas para o desenvolvimento. Disponível em: www.br.undp.org

PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE ARARAQUARA. PLANO DIRETOR E POLÍTICA DE DESENVOLVIMENTO AMBIENTAL DE ARARAQUARA - PDDDA Lei Complementar Nº 350 de 27 de dezembro de 2005. Disponível em: <http://www.araraquara.sp.gov.br/governo/secretaria-municipal-de-desenvolvimento-urbano/>

PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE ARARAQUARA. PLANO DIRETOR E POLÍTICA DE DESENVOLVIMENTO AMBIENTAL DE ARARAQUARA - PDDDA Lei Complementar Nº 850 de 11 de fevereiro de 2014. Disponível em: <http://www.araraquara.sp.gov.br/governo/secretaria-municipal-de-desenvolvimento-urbano/>

PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE ARARAQUARA. PLANO DIRETOR E POLÍTICA DE DESENVOLVIMENTO AMBIENTAL DE ARARAQUARA - PDPDA Lei Complementar Nº 858 de 20 de outubro de 2014 Disponível em: <http://www3.araraquara.sp.gov.br/Pagina/Default.aspx?IDPagina=3973> Acessado em 28 maio 2017.

Processo AQUA – HQE

Disponível em: <https://vanzolini.org.br/aqua/>

Regulamento RTQ-C – Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais de Serviços e Públicos.

Disponível em: www.pbeedifica.com.br/etiquetagem/comercial/regulamentos

Regulamento RTQ-R – Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de edificações residenciais.

Disponível em: www.pbeedifica.com.br/etiquetagem/residencial

RORIZ, M., Curso de atualização profissional – Racionalização de processos e produtos na construção de edifícios. Conforto térmico no ambiente construído. Departamento de Engenharia Civil. Universidade Federal de São Carlos. UFSCAR. São Carlos, 2001.

SANTAMOURIS, M.; SYNNEFA, A.; KARLESSI, T. Using advanced cool materials in the urban build environment to mitigate heat islands and improve thermal comfort conditions. *Solar Energy*, v. 1, n. 85, p.3085-3102, 2011.

SketchUP-Pro - 2017 Trimble Navigation Limited. Disponível em: <https://www.sketchup.com/pt-BR/products/sketchup-pro>

Software ABC – Disponível em: Roriz.eng.br/download_6.html

Software Suncalc – Disponível em <https://suncalc.org.br>

STEWART, I. D., T. R. OKE, Local Climate Zones for Urban Temperature Studies. *Bulletin of American Meteorological Society*. no. 93, 2012. p. 1879–1900. doi: <http://dx.doi.org/10.1175/BAMS-D-11-00019.1>

ULTRAMARI, C.; REZENDE, D. A.; Planejamento estratégico e planos diretores municipais: referências e bases de aplicação. *Revista de Administração Contemporânea*, Curitiba, v.12, n:3, p. 717-739, Jul/Set. 2008.

USGBC, UNITED STATES GREEN BUILDING COUNCIL, Disponível em: <http://new.usgbc.org/leed>

WRPlot Version 8.0

Disponível em [http:// www.webLakes.com](http://www.webLakes.com)**ANEXOS****Anexo I – TABELA DE ESQUADRIAS – VENTILAÇÃO NATURAL****Áreas de iluminação e Ventilação**

Tabela de Esquadrias - Ventilação Natural							Percentual
AMBIENTES							Esquadria
Pavimento Térreo		Tipo	Quant.	Face			%
Sala de Estar+Hall		J 1	1	S	Janela tipo Camarão - 1,60 x 1,80 m		90,0
		J 2	1	O	Janela tipo Camarão - 1,80 x 2,80 m		90,0
		P1	1	N	Porta de madeira - 1,40 x 2,50		-
Escritório		J3	1	N	Janela de correr - 4 folhas - 1,80 x 1,20 m		40,0
		P1	1	Interna	Porta de madeira - 0,80 x 2,20		-
Lavabo		J2	1	N	Janela Tombo 1,20 x 0,60 m		60,0
		P1	1	Interna	Porta de madeira - 0,80 x 2,20		-
Hall		-	-	-	Integrado a Sala de Estar		-
Cozinha		J1	1	N	Janela de correr 4 folhas		40,0
Cozinha - Aab		P1	1	L	Porta de Correr - Vidro 2,20 x 2,20 m		40,0
		P2	1	Interna	Porta de madeira - 0,80 x 2,20		-
		P3	1	Interna	Porta de correr - vidro 2,00 x 2,20 m		-
Área de serviço		J1	1	L	Janela tipo Camarão - 1,40 x 1,20 m		90,0
		P1	Interna	-	Porta de madeira - 0,80 x 2,20		-
Pavimento Superior							
Dormitório 3		J3	1	N	Veneziana 2 folhas com persiana integrada		40,0
		P1	1	Interna	Porta de madeira - 0,80 x 2,20		-
Banho 3		J2	1	N	Janela Tombo - 3,00 x 0,60 m		60,0
		P1	1	Interna	Porta de madeira - 0,80 x 2,20		-
Dormitório 2		J1	1	N	Veneziana 2 folhas com persiana integrada		40,0
		P1	1	Interna	Porta de madeira - 0,80 x 2,20		-
Banho 2		J2	1	L	Janela Tombo - 1,40 x 0,60 m		60,0
		P1	1	Interna	Porta de madeira - 0,80 x 2,20		-
Dormitório 1		J1	1	S	Veneziana 2 folhas com persiana integrada		40,0
		P1	1	Interna	Porta de madeira - 0,80 x 2,20		-
Banho 1		J1	1	L	Janela Tombo - 1,40 x 0,60 m		60,0
		P1	1	Interna	Porta de madeira - 0,80 x 2,20		-
Hall		-	-	-	-		-

Fonte: o Autor

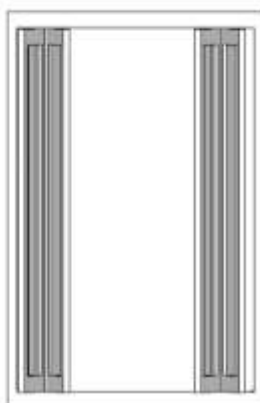
ANEXO II – TABELA DE ESQUADRIAS – Áreas de aberturas

Pavimento Térreo	Tipo	Dimensões	Aab	Avent.	Ailum.
Ambiente		metros	m ²	m ²	m ²
Sala de Estar + Hall	J 1	1,60 x 1,80 m	7,92	7,13	7,13
	J 2	1,80 x 2,80 m			
	P1	1,40 x 2,50			
Escritório	J3	1,80 x 1,20 m	2,16	0,86	1,51
	P1	0,80 x 2,20			
Lavabo	J2	1,20 x 0,60 m	0,72	0,43	0,65
	P1	0,80 x 2,20			
Hall	-	Integrado a Sala de Estar			-
Cozinha + Aab	J1	2,50 x 1,20	7,84	3,14	5,49
Cozinha Aab	P1	2,20 x 2,20 m			
	P2	0,80 x 2,20			
	P3	2,00 x 2,20 m			
Área de serviço	J1	1,40 x 1,20 m	1,44	1,30	1,30
	P1	0,80 x 2,20			
Pavimento Superior					
Dormitório 3	J3	3,00 x 1,20	3,60	1,44	2,70
	P1	0,80 x 2,10			
Banho 3	J2	1,00 x 0,60 m	1,80	1,08	1,62
	P1	0,80 x 2,10			
Dormitório 2	J1	2,40 x 1,20	2,88	1,15	2,16
	P1	0,80 x 2,10			
Banho 2	J2	Janela Tombo - 1,40 x 0,60 m	0,84	0,50	0,76
	P1	0,80 x 2,10			
Dormitório 1	J1	1,80 x 1,20	2,16	0,86	1,62
	P1	0,80 x 2,10			
Banho 1	J1	Janela Tombo - 1,40 x 0,60 m	0,84	0,50	0,76
	P1	0,80 x 2,10			
Hall	-	1,80 x 2,80	4,59	0,00	4,13

Fonte: o Autor

ANEXO III – Resumo Geral das esquadrias

PAVIMENTO TÉRREO



Ambiente: Sala de Estar/Hall

Item: **J1** - 1,60 x 1,80 m

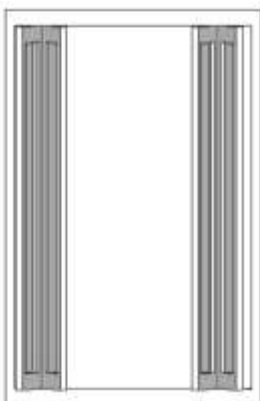
Aab = 2,88 m²

A
iluminação= 2,59 m²

A
ventilação = 2,59 m²

% Abertura para iluminação = 90%

% Abertura para ventilação = 90%



Ambiente: Sala de Estar/Hall

Item: **J2** - 1,80 x 2,80 m

Aab = 5,04 m²

A
iluminação= 4,54 m²

A
ventilação = 4,54 m²

% Abertura para iluminação = 90%

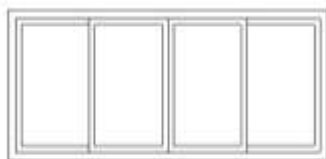
% Abertura para ventilação = 90%



Ambiente: Sala de Estar/Hall

Item: **P1** - 1,40 x 2,50 m

Aab = 3,92 m²



Ambiente: Escritório

Item: **J3** - 1,80 x 1,20 m

Aab = 2,16 m²

A
iluminação = 1,51 m²

A
ventilação = 0,86 m²

% Abertura para iluminação = 70%

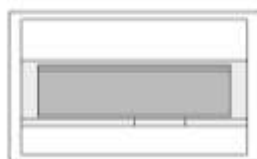
% Abertura para ventilação = 40%



Ambiente: Escritório

Item: **P1** - 0,80 x 2,20 m

Aab = 1,76 m²



Ambiente: Lavabo

Item: **J2** - 1,20 x 0,60 m

Aab = 0,72 m²

A
iluminação = 0,65 m²

A
ventilação = 0,43 m²

% Abertura para iluminação = 90%

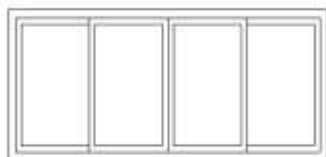
% Abertura para ventilação = 60% (i=45°)



Ambiente: Lavabo

Item: **P1** - 0,80 x 2,20 m

Aab = 1,76 m²



Ambiente: Cozinha

Item: **J1** - 2,50 x 1,20 m

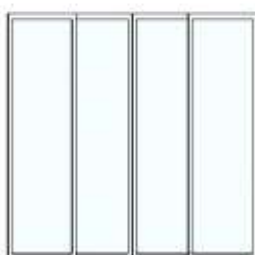
Aab = 3,00 m²

A
iluminação = 2,10 m²

A
ventilação = 1,20 m²

% Abertura para iluminação = 70%

% Abertura para ventilação = 40%



Ambiente: Cozinha

Item: **P1** - 2,20 x 2,20 m

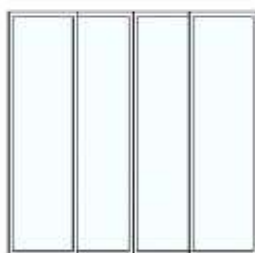
Aab = 4,84 m²



Ambiente: Cozinha

Item: **P2** - 0,80 x 2,20 m

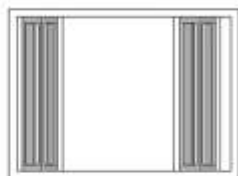
Aab = 1,76 m²



Ambiente: Cozinha

Item: **P3** - 2,000 x 2,20 m

Aab = 4,40 m²



Ambiente: Área de Serviço

Item: **J1** - 1,40 x 1,20 m

Aab = 1,68 m²

A
iluminação= 1,51 m²

A
ventilação = 1,51 m²

% Abertura para iluminação = 90%

% Abertura para ventilação = 90%

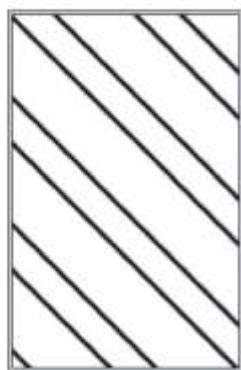


Ambiente: Área de Serviço

Item: **P1** - 0,80 x 2,20 m

Aab = 1,76 m²

PAVIMENTO SUPERIOR



Ambiente: Hall

Item: **J2** - 1,80 x 2,80 m

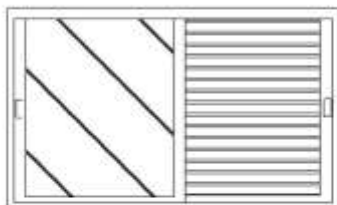
Aab = 5,04 m²

A
iluminação= 5,04 m²

A
ventilação = 0,00

% Abertura para iluminação = 100%

% Abertura para ventilação = 0,00



Ambiente: Dormitório 1

Item: **J1** - 1,80 x 1,20 m

Aab = 2,16 m²

A
iluminação= 1,62 m²

A
ventilação = 0,86 m²

% Abertura para iluminação = 75%

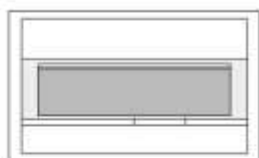
% Abertura para ventilação = 40%



Ambiente: Dormitório 1

Item: **P1** - 0,80 x 2,20 m

Aab = 1,76 m²



Ambiente: WC / Dormitório 1

Item: **J1** - 1,40 x 0,60 m

Aab = 0,84 m²

A
iluminação= 0,76 m²

A
ventilação = 1,08 m²

% Abertura para iluminação = 90%

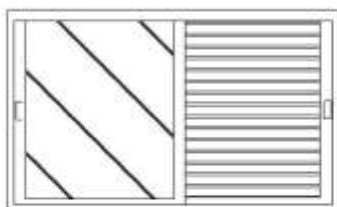
% Abertura para ventilação = 60% (i=45°)



Ambiente: WC / Dormitório 1

Item: **P1** - 0,80 x 2,20 m

Aab = 1,76 m²



Ambiente: Dormitório 2

Item: **J1** - 2,40 x 1,20 m

Aab = 2,88 m²

A
iluminação= 2,16 m²

A
ventilação = 1,15 m²

% Abertura para iluminação = 75%

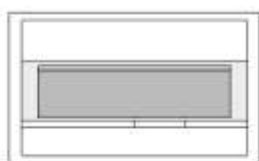
% Abertura para ventilação = 40%



Ambiente: Dormitório 2

Item: **P1** - 0,80 x 2,20 m

Aab = 1,76 m²



Ambiente: WC / Dormitório 2

Item: **J1** - 1,40 x 0,60 m

Aab = 0,84 m²

A
iluminação= 0,76 m²

A
ventilação = 1,08 m²

% Abertura para iluminação = 90%

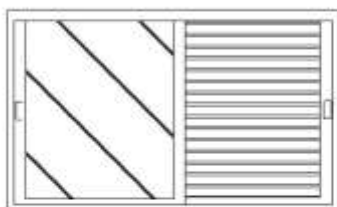
% Abertura para ventilação = 60% (i=45°)



Ambiente: WC / Dormitório 2

Item: **P1** - 0,80 x 2,20 m

Aab = 1,76 m²



Ambiente: Dormitório 3

Item: **J3** - 3,00 x 1,20 m

Aab = 3,60 m²

A
iluminação= 2,70 m²

A
ventilação = 1,44 m²

% Abertura para iluminação = 75%

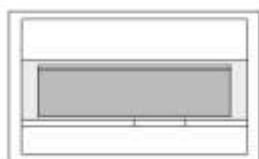
% Abertura para ventilação = 40%



Ambiente: Dormitório 3

Item: **P1** - 0,80 x 2,20 m

Aab = 1,76 m²



Ambiente: WC / Dormitório 3

Item: **J2** - 3,00 x 0,60 m

Aab = 1,80 m²

A
iluminação= 1,62 m²

A
ventilação = 1,08 m²

% Abertura para iluminação = 90%

% Abertura para ventilação = 60% (i=45°)



Ambiente: WC / Dormitório 3

Item: **P1** - 0,80 x 2,20 m

Aab = 1,76 m²

Fonte: o Autor

ANEXO IV - Análise da LCZ dos Pontos de medições

LOCAL	ÁREA DO RECORTE (m²)	FVC	H/W	SUPERFÍCIE EDIFICADA	ÁREA PERMEÁVEL m²	ÁREA IMPERMEÁVEL m²	ALTURA MÉDIA RUGOSIDADE	RUGOSIDADE DO SOLO	CLASSIFICAÇÃO DA LCZ	FOTO AÉREA
P1	8.120	 0,65	0,8	4.460	2.450	1.210	8,0	0,5	LCZ - 6 OPEN HIGH-RISE	
P2	11.800	 0,65	0,8	4.090	5.850	1.840	5,0	0,5	LCZ - 6 OPEN HIGH-RISE	
P3	11.700	 0,78	0,55	5.800	2.450	3.450	8,0	0,5	LCZ - 6 OPEN LOW-RISE	
P4	11.600	 0,58	0,48	5.300	3.365	2.935	8,0	0,5	LCZ - 6 OPEN LOW-RISE	
P5	8120	 0,75	0,85	3.900	3.120	1.100	8,0	0,5	LCZ - 6 OPEN HIGH-RISE	

Fonte: o Autor