

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL  
ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS**

**NICOLE ALBIZU PIASKOWY**

**ANÁLISE DO IMPACTO NA INCIDÊNCIA SOLAR PELOS SETORES  
ESTRUTURAIS NAS QUADRAS ADJACENTES EM CURITIBA – PR**

**MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO**

**CURITIBA  
2014**

**NICOLE ALBIZU PIASKOWY**

**ANÁLISE DO IMPACTO NA INCIDÊNCIA SOLAR PELOS SETORES  
ESTRUTURAIS NAS QUADRAS ADJACENTES EM CURITIBA – PR**

Monografia apresentada para a obtenção do título de Especialista no Curso de Pós Graduação em Construções Sustentáveis, Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Leite Krüger

**CURITIBA  
2014**

**NICOLE ALBIZU PIASKOWY**

**ANÁLISE DO IMPACTO NA INCIDÊNCIA SOLAR PELOS SETORES  
ESTRUTURAIS NAS QUADRAS ADJACENTES EM CURITIBA – PR**

Monografia aprovada como requisito parcial para obtenção do título de Especialista no Curso de Pós-Graduação em construções Sustentáveis, Departamento Acadêmico de Construção Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR – Campos Curitiba, pela banca formada pelos professores:

Orientador:

---

Prof. Eduardo Leite Krüger, Dr.  
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR

Banca:

---

Prof. Jair Urbanetz, Dr.  
Departamento Acadêmico de Eletrotécnica - DAELT, UTFPR

---

Profa. Christine Laroca, Dra  
Professor do DACOC, UTFPR

Curitiba, \_\_\_\_ de abril de 2014

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à a minha avó e mãe que sempre admiraram a luz do sol e, sempre relembram as áreas da casa que costumavam a “pegar” sol antes de um prédio ou outro ser construído.

Especialmente ao meu pai, passamos dias conversando sobre o possível tema, queria um celular ou skype para continuar a conversar com ele no céu. In memoriam.



## AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha família pelo grande apoio que sempre me deram, à minha mãe especialmente pela inspiração e dedicação que possuí nos estudos.

Agradeço ao meu orientador Professor Doutor Eduardo Leite Krüger pelo auxílio no assunto pesquisado.

Agradeço os amigos e em especial aos que fiz no curso que me ajudaram a superar as dificuldades e não me deixaram desistir.

“Nada é tão certo e consistente como o movimento do sol através do céu. O que não é certo é se a futura construção em propriedade vizinha obstruirá o sol”

(LECHNER, 1990).

## RESUMO

O planejamento urbano de Curitiba tem como embasamento os setores estruturais indutores do crescimento linear da cidade e de adensamento populacional, assim, o município necessita de uma infra-estrutura de menor alcance. Entretanto, o alto adensamento populacional só pode ser alcançado através de edificações altas que acabam por formar bloqueios da incidência solar a quadras adjacentes, provocando assim uma redução dos níveis de conforto ambiental nos ambientes internos (térmico e luminoso), principalmente no período de inverno, o que pode levar a um aumento no consumo de energia em sistemas de climatização e iluminação artificiais. Este estudo objetiva analisar o impacto dos prédios altos localizados em três áreas distintas dos eixos estruturais na cidade de Curitiba sobre as edificações localizadas nas quadras adjacentes aos eixos. Por fim, através do envelope solar é possível dimensionar o número de pavimentos de um edifício para que o mesmo não ofereça sombreamento em seu entorno imediato em períodos do ano e faixas de horário especificados.

**Palavras-chave:** setores estruturais; planejamento urbano; acesso solar; envelope solar.

## ABSTRACT

Curitiba's urban planning has created sectors termed 'structural axes'. They work as inducers to the city linear growth and densification through verticalization so that infrastructure does not have to be enlarged. However, the high densification can only be accomplished through the verticalization, with tall buildings, which block solar incidence in adjacent building blocks, yielding negative effects on indoor environmental comfort levels, both thermal and luminic, during winter time with a corresponding rise of energy demand for artificial heating or lighting systems. This study aims to analyse the impact of high rise buildings on the adjacent areas through the study of three different structural axes areas. By means of the solar envelope concept, it is possible to establish building height without compromising solar access of adjacent areas for given seasons and time periods.

Key words: structural axes; urban planning, solar access, solar envelope.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 01– CORTE SISTEMA TRINÁRIO.....	14
FIGURA 02 – PLANTA SISTEMA TRINÁRIO .....	14
FIGURA 03 – ZONEAMENTO URBANO DE CURITIBA – EIXOS ESTRUTURAIS EM VERMELHO.....	16
FIGURA 04 – POSIÇÃO DA TERRA EM RELAÇÃO AO SOL NOS SOLSTÍCIOS.....	19
FIGURA 05 – CARTA BIOCLIMÁTICA PARA O ANO DE REFERÊNCIA DE CURITIBA.....	21
FIGURA 06 – EXPLICAÇÃO CARTA BIOCLIMÁTICA DE GIVONI.....	21
FIGURA 07 – CARTA SOLAR PARA O MUNICÍPIO DE FLORIANÓPOLIS – CLIMA SUBTROPICAL.....	22
FIGURA 08 – PERCURSO DO SOL DURANTE O SOLSTÍCIO DE INVERNO E VERÃO EM CURITIBA – ÊNFASE NO SOMBREAMENTO.....	23
FIGURA 09 – MAPEAMENTO E LOCAÇÃO DAS EDIFICAÇÕES.....	25
FIGURA 10 – LOCALIZAÇÃO DA ÁREA I – ZONEAMENTO URBANO DE CURITIBA.....	26
FIGURA 11 – ÁREA I - FOTO AÉREA COM ÂNGULO DE 45° .....	26
FIGURA 12 – ÁREA I – BATEL / ÁGUA VERDE.....	27
FIGURA 13 – ÁREA I – PLANTA COM NÚMERO DE PAVIMENTOS DOS EDIFÍCIOS.....	28
FIGURA 14 – ÁREA I – SKYLINE DOS EDIFÍCIOS DAS QUADRAS ANALISADAS.....	28
FIGURA 15 – ÁREA I – SOMBREAMENTO DAS QUADRAS DAS 8:00 ÀS 17:00.....	29
FIGURA 16 – LOCALIZAÇÃO DA ÁREA II NO ZONEAMENTO URBANO DE CURITIBA.....	32
FIGURA 17 – ÁREA II – FOTO AÉREA COM ÂNGULO DE 45°.....	32
FIGURA 18 – ÁREA II – ALTO DA GLÓRIA / JUVEVÊ.....	33
FIGURA 19 – ÁREA II – PLANTA COM NÚMERO DE PAVIMENTOS DOS EDIFÍCIOS.....	34
FIGURA 20 – ÁREA II – SKYLINE DOS EDIFÍCIOS DAS QUADRAS ANALISADAS.....	34
FIGURA 21 – ÁREA II – SOMBREAMENTO DAS QUADRAS DAS 8:00 ÀS 17:00.....	35
FIGURA 22 – LOCALIZAÇÃO DA ÁREA III NO ZONEAMENTO URBANO DE CURITIBA.....	38
FIGURA 23 – ÁREA III – FOTO AÉREA COM ÂNGULO DE 45°.....	38
FIGURA 24 – ÁREA II – ALTO DA GLÓRIA / JUVEVÊ.....	39
FIGURA 25 – ÁREA III – PLANTA COM NÚMERO DE PAVIMENTOS DOS EDIFÍCIOS.....	40
FIGURA 26 – ÁREA III – SKYLINE DOS EDIFÍCIOS DAS QUADRAS ANALISADAS.....	40
FIGURA 27 – ÁREA III – SOMBREAMENTO DAS QUADRAS DAS 8:00 ÀS 17:00.....	41
FIGURA 28 – ESQUEMA ENVELOPE SOLAR.....	44
FIGURA 29 – ÁREA I – ÁGUA VERDE – PLANTA DOS EDIFÍCIOS NUMERADOS.....	48
FIGURA 30 – ÁREA II – ALTO DA GLÓRIA JUVEVÊ – PLANTA DOS EDIFÍCIOS NUMERADOS .....	49
FIGURA 31 – ÁREA III – MOSSUNGUÊ – PLANTA DOS EDIFÍCIOS NUMERADOS .....	49

## LISTA DE QUADROS E TABELAS

QUADRO 01 – PARÂMETROS URBANÍSTICOS POR ZONAS.....	18
QUADRO 02 – TEMPERATURA BIN PARA O MÊS DE JUNHO NA CIDADE DE CURITIBA.....	20
QUADRO 3 – ÁREA I – PORCENTAGEM DE SOMBREAMENTO 8:00 ÀS 17:00.....	30
QUADRO 4 – ÁREA II – PORCENTAGEM DE SOMBREAMENTO 8:00 ÀS 17:00.....	36
QUADRO 5 – ÁREA III – PORCENTAGEM DE SOMBREAMENTO 8:00 ÀS 17:00.....	42
QUADRO 6 – COMPARATIVO SOMBREAMENTOS AO MEIO DIA 21/06.....	45
QUADRO 7 – COMPARATIVO SOMBREAMENTOS ÁREA II.....	46
QUADRO 8 – COMPARATIVO DE SOMBREAMENTOS DAS ÁREAS SEM E COM O ENVELOPE SOLAR.....	47
QUADRO 9 – COMPARATIVO DE PAVIEMNTOS DAS ÁREAS SEM E COM O ENVELOPE SOLAR.....	48
QUADRO 10 – COMPARATIVO DE PAVIEMNTOS DAS ÁREAS SEM E COM O ENVELOPE SOLAR.....	49
QUADRO 11 – COMPARATIVO DE PAVIEMNTOS DAS ÁREAS SEM E COM O ENVELOPE SOLAR.....	50

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	10
1.1. OBJETIVOS.....	11
1.1.1. OBJETIVO GERAL .....	11
1.1.2. OBJETIVO ESPECÍFICO.....	12
1.2. OBJETIVOS.....	12
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	13
2.1. ENVELOPE SOLAR .....	23
<b>3. METODOLOGIA</b> .....	24
3.1. DESCRIÇÃO DAS ÁREAS .....	25
3.1.1. ÁREA DE ESTUDO I – BAIROS: BATEL / ÁGUA VERDE .....	25
3.1.2. ÁREA DE ESTUDO II – BAIROS: ALTO DA GLÓRIA / JUVEVÊ.....	31
3.1.3. ÁREA DE ESTUDO III – BAIRRO: MOSSUNGUÊ.....	37
3.1. APLICAÇÃO DO ENVELOPE SOLAR .....	43
<b>4. ANÁLISE DOS RESULTADOS</b> .....	44
<b>5. CONCLUSÃO</b> .....	51
<b>6. REFERÊNCIAS</b> .....	53





## 1. INTRODUÇÃO

O sol é fundamental para a vida, é a fonte inesgotável de luz natural para o aquecimento, energia e auxiliando a visão humana, ele gera um ritmo diário influenciando nossas percepções de tempo e espaço (LYNCH, 1960).

O sol desde as civilizações antigas atua como um grande influenciador das habitações, cultura, religião, alimentação, considerando que ele e o fogo seriam as únicas fontes de calor e iluminação. Durante a história da civilização humana, a luz natural foi retratada por diversos povos em diversas épocas. Ela foi retratada em paredes no período do homem pré-histórico em retratos do seu cotidiano, por Maias e Astecas, povos mesoamericanos pré-colombianos, quais se orientavam pela movimentação do sol durante o ano para construção de suas cidades. No século II d.C na antiga Roma, foi criada a lei Heliocaminus pelo imperador Ulpiano, a qual garantia ao povo o direito ao sol (LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 1997). A influência da luz natural foi retratada em pinturas como as de Diego Velázquez (1599-1660) no quadro óleo sobre tela “As Meninas” de 1656 e de Johannes Vermeer (1632-1675). Este último pintor era meticuloso em seus detalhes mas sua perícia na representação da luz natural dentro dos ambientes era metódica (FARTHING, 2011).

Durante a segunda metade do século XIX, caracterizada por um estilo arquitetônico neo clássico, uma época que sofreu grandes mudanças na estética das edificações pela ruptura com as técnicas tradicionais construtivas. Em 1829, Telford construiu uma das primeiras pontes em ferro e mais tarde aplicou o material como estrutura em um armazém de tijolos, possibilitando a utilização deste material nas edificações (SUGA, 2005). Era o início da construção industrial com o aparecimento da escala comercial, onde novos materiais como o ferro fundido, o vidro plano e mais tarde o aço começaram a fazer parte das técnicas construtivas (COSTA, 1994).

Com a existência de novos materiais, a América do Norte começa a construir edifícios cada vez mais altos e, em 1850, o aço e o aperfeiçoamento do elevador podem ser considerados como os requisitos necessários para construções mais imponentes (DIAS, 2001). Tanto as influenciou que, em 1890, começa a intenção de surgir leis de zoneamento limitando as alturas para prédios comerciais em Nova York. Entretanto, houve a construção de arranha-céus de amplitude cada vez maiores por toda Manhattan gerando problemas como o bloqueio da luz solar das janelas e calçadas, diminuiu o espaço visual do céu. (FENSKE, 1988; BACON, 1986). Os edifícios altos trouxeram excitação e problemas para áreas com alta densidade além de diminuir a incidência solar local em edificações próximas de menor porte.

Também trouxeram influências na área financeira pois geram um declínio na especulação imobiliária nos prédios de menos amplitude locais (COSTA, 1994).

No século XX houve um significativo deslocamento de parte da população rural para as cidades e, mas de acordo com o relatório de Situação da População Mundial 2007 (UNFPA, 2007) do Fundo de População das Nações Unidas, no ano de 2007, a população mundial urbana superou a população rural, tornando o mundo, oficialmente, urbano. A cidade de Curitiba, no estado do Paraná, teve seu planejamento urbano formalmente iniciado em 1943 através do Plano Agache prevendo um crescimento radial. Conjuntamente, este plano definiu áreas específicas na cidade para a habitação, serviços, indústrias, reestruturação viária bem como medidas de saneamento, sendo aprovada assim a primeira Lei de Zoneamento de Curitiba em 1953. Em 1964, deu-se início a rediscussão sobre o planejamento urbano e foram criados institutos próprios formados por grupos técnicos como a Companhia de Urbanização de Curitiba (URBS) e o Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba (IPPUC). Finalmente, implementado a partir de 1970, surge o Plano Serete que visa melhorias na qualidade de vida da população (IPPUC, 1996).

A verticalização de edificações em Curitiba nos Setores Estruturais ou Eixos Estruturais pode afetar a incidência solar em sua quadra bem como nas quadras adjacentes já pertencentes a outra categoria de zoneamento. Como a cidade possui temperaturas no inverno consideradas relativamente baixas, sendo uma das capitais mais frias do Brasil, a importância da incidência solar se destaca. Há estudos sobre uma metodologia que pode ser aplicada para auxiliar no planejamento urbano para se prevenir o bloqueio da luz solar, conhecida como **envelope solar**.

## 1.1. OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo deste estudo é analisar o impacto dos prédios altos localizados nos eixos estruturais na cidade de Curitiba sobre as edificações localizadas nas quadras adjacentes aos eixos, influenciando na incidência solar e conseqüentemente no conforto ambiental (térmico e luminoso) das mesmas.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- a) Identificar três trechos localizados nos eixos estruturais de orientações solares distintas;
- b) Analisar o impacto nas quadras pelo sombreamento;

## 1.2. JUSTIFICATIVA

Este trabalho justifica-se nos aspectos social e econômico, pela relevância que o acesso solar possui sobre a qualidade de vida, o conforto térmico ambiental e o consumo de energia em sistemas de climatização e iluminação artificiais principalmente durante épocas frias. Com o crescimento urbano constante é consuetudinário o incentivo à alta densidade em determinadas zonas previstas pelas leis de uso do solo de cada município, por objetivos sócio-econômicos, gerando benefícios como a concentração do transporte público, infra-estrutura e serviços bem como auxiliar na preservação ambiental – relação de área ocupada versus área preservada.

A cidade de Curitiba está inserida no clima subtropical de temperatura média de 20°C, podendo a amplitude anual variar entre 9°C a 13°C. Seu inverno é rigoroso e é considerada a capital mais fria do Brasil, portanto, a incidência solar nas edificações tanto comerciais como residenciais, principalmente durante o solstício de inverno, faz-se necessária. Contudo, o planejamento urbano da cidade previa um crescimento urbano vertical em eixos de crescimento linear onde, torres de uso misto podem ser construídas, em alguns lugares como uma limitação de pavimentos e, em outros, com altura máxima ilimitada, dependendo apenas do coeficiente de aproveitamento. Com isso, no caso de Curitiba, algumas residências situadas próximas aos eixos estruturais sofrem perdas no total de horas de sol por consequência da altura dos prédios demasiadamente altos. Em alguns casos pela altura exacerbada destas edificações, chega-se a sombrear mais do que 3 quadras paralelas aos eixos. Um estudo de impacto de vizinhança contemplando a análise da incidência solar do entorno destes prédios e fazendo-se uma análise que proponha uma altura limite ou então um afastamento maior entre edificações pode comprovar que um melhor estudo no planejamento urbano poderia aumentar a qualidade de vida da região significativamente bem como melhorar a economia através de um gasto de energia menor.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O crescimento urbano teve uma relação direta com a Revolução Industrial pela tecnologia dos materiais sendo aplicada para a construção civil. Em 1850, com o aperfeiçoamento do elevador, os edifícios começam a ficar cada vez mais altos e o consumo da energia elétrica durante o dia aumenta para compensar a falta da luz natural. Na década de 1970, houve a crise energética no mundo e novas fontes de energia provenientes de reservas naturais começaram a ser reavaliadas para serem adaptadas aos fatores locais e, no campo de arquitetura, esse processo levou o nome de arquitetura bioclimática (CAMPOS, 2005).

No Brasil, existe a Lei Federal 10257/2001 referente ao Estatuto da Cidade, que exige que cada cidade com mais de vinte mil habitantes ou que pertença a regiões metropolitanas, tenha um Plano Diretor. Este consiste em um planejamento prévio para o crescimento da cidade contendo entre outros itens, delimitações de zonas para usos e alturas prediais. “Assegurar que a insolação e a iluminação natural estejam presentes nas fachadas das edificações e entre elas, proporcionando boas condições, tanto internas quanto externas; assegurar insolação e luz natural onde elas são desejáveis, em partes dos edifícios ou em determinadas áreas do seu entorno, são objetivos a serem cumpridos no planejamento para insolação e iluminação natural” (ASSIS, 2000 *apud* ROBBINS, 1986).

O adensamento vertical nas cidades é benéfico possibilitando vantagens, como, por exemplo, as econômicas com relação à infra-estrutura onde uma menor área precisa ser dotada de água, luz, esgoto, pavimentação, transporte urbano. Da mesma forma, pela concentração de pessoas em apenas uma área, ocorre conseqüentemente a preservação de matas nativas adjacentes às cidades por evitar-se o crescimento horizontal ou espraiamento urbano (SUGA, 2005).

No município de Curitiba, o Plano Serete de 1970, previa um sistema de vias com o intuito de incentivar e nortear o crescimento urbano linear da cidade através dos Eixos Estruturais combinado com o Sistema Trinário e a RIT – Rede Integrada de Transportes (DANI-OLIVEIRA, 2000, *apud* OLIVEIRA, 1995). Estes eixos são compostos por três categorias de vias: 1) Via para veículos privados, paralelas a uma via central de transporte público, possui como principal objetivo aumentar a densidade populacional das quadras presentes ao torno do mesmo; 2) Vias externas com fluxo de veículos sentido bairro-centro e centro-bairro; 3) Demais vias, formadas pelas vias transversais e a via central (CAMPOS, 2005).

Para tanto, foi criado o Sistema Trinário, onde prédios altos se localizam em torno dos Eixos Estruturais, especificados na zona SE – Setor Estrutural (Figura 1 e 2). As quadras adjacentes aos eixos se encontram, normalmente, em distintas zonas que viabilizam um porte menor de altura para compor o Sistema Trinário, como mostram as figuras abaixo.

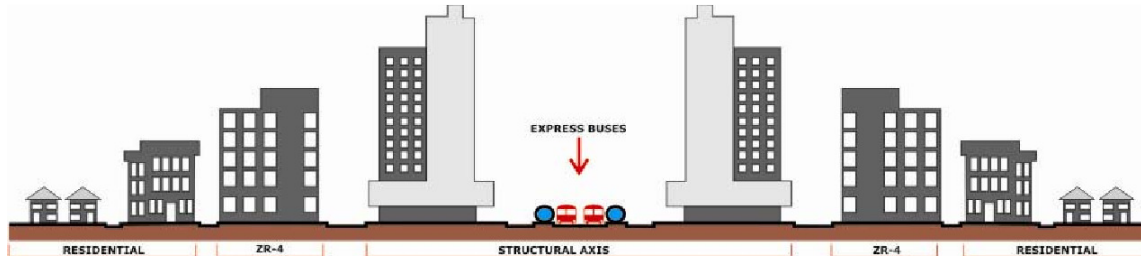


FIGURA 01 – CORTE SISTEMA TRINÁRIO

FONTE: [HTTP://DC239.4SHARED.COM/DOC/LELVABCG/PREVIEW.HTML](http://DC239.4SHARED.COM/DOC/LELVABCG/PREVIEW.HTML)

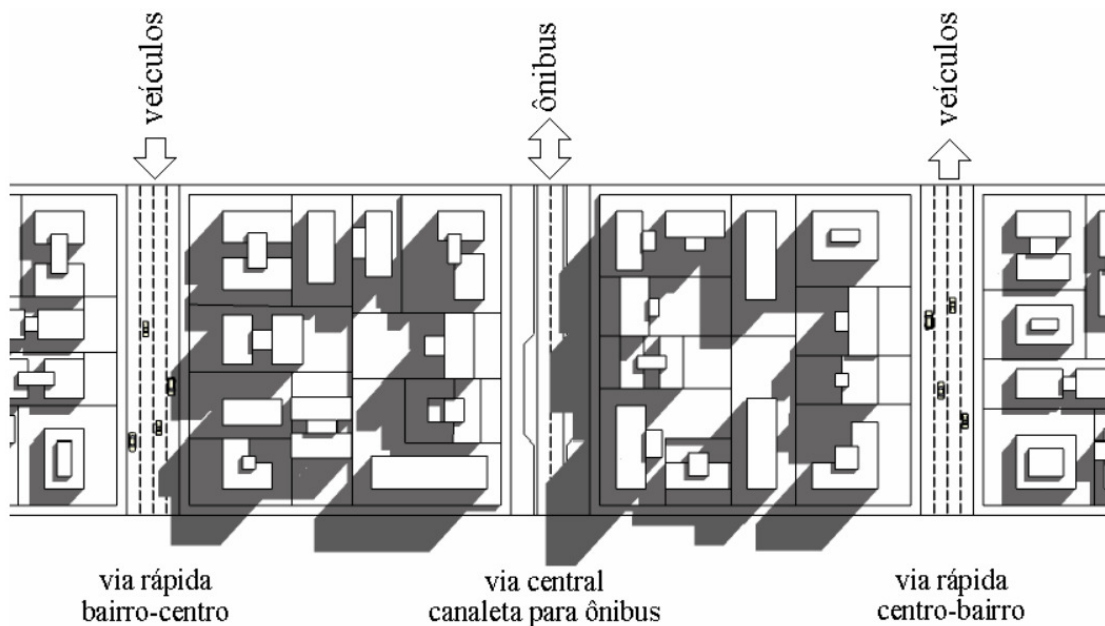


FIGURA 02 – PLANTA SISTEMA TRINÁRIO

FONTE: CAMPOS, 2005

Através da construção de edifícios residenciais ao longo dos eixos é que se possibilitou o aumento populacional da cidade e a sua vasta verticalização. De acordo com Danni-Oliveira (2000), originalmente o Plano Serete indicava que as quadras localizadas nos eixos deveriam respeitar o número de no máximo três edifícios por quadra, sendo ainda necessários recuos em relação aos limites dos terrenos, com o intervalo entre prédios composto por áreas verdes para parques, jardins e áreas de lazer, assim assegurando uma qualidade climática local pela

ventilação e insolação. Infelizmente esta concepção foi alterada pela Lei nº 5.234/75 principalmente impulsionada para indução do crescimento da zona central ao longo dos eixos e pela especulação imobiliária (IPPUC, 1985). Esta lei designava zonas de maior potencial construtivo para o adensamento populacional, propondo o crescimento ao longo dos eixos estruturais mantendo assim uma hierarquia do sistema viário, quanto maior a distância dos eixos estruturais, menor o adensamento populacional (CAMPOS, 2005). Entretanto, de acordo com Fragomeni (2000), a criação dos eixos de adensamento alterou as características de uma cidade linear organizada por um eixo Norte-Sul, transformando-a em uma cidade pluri-axial.

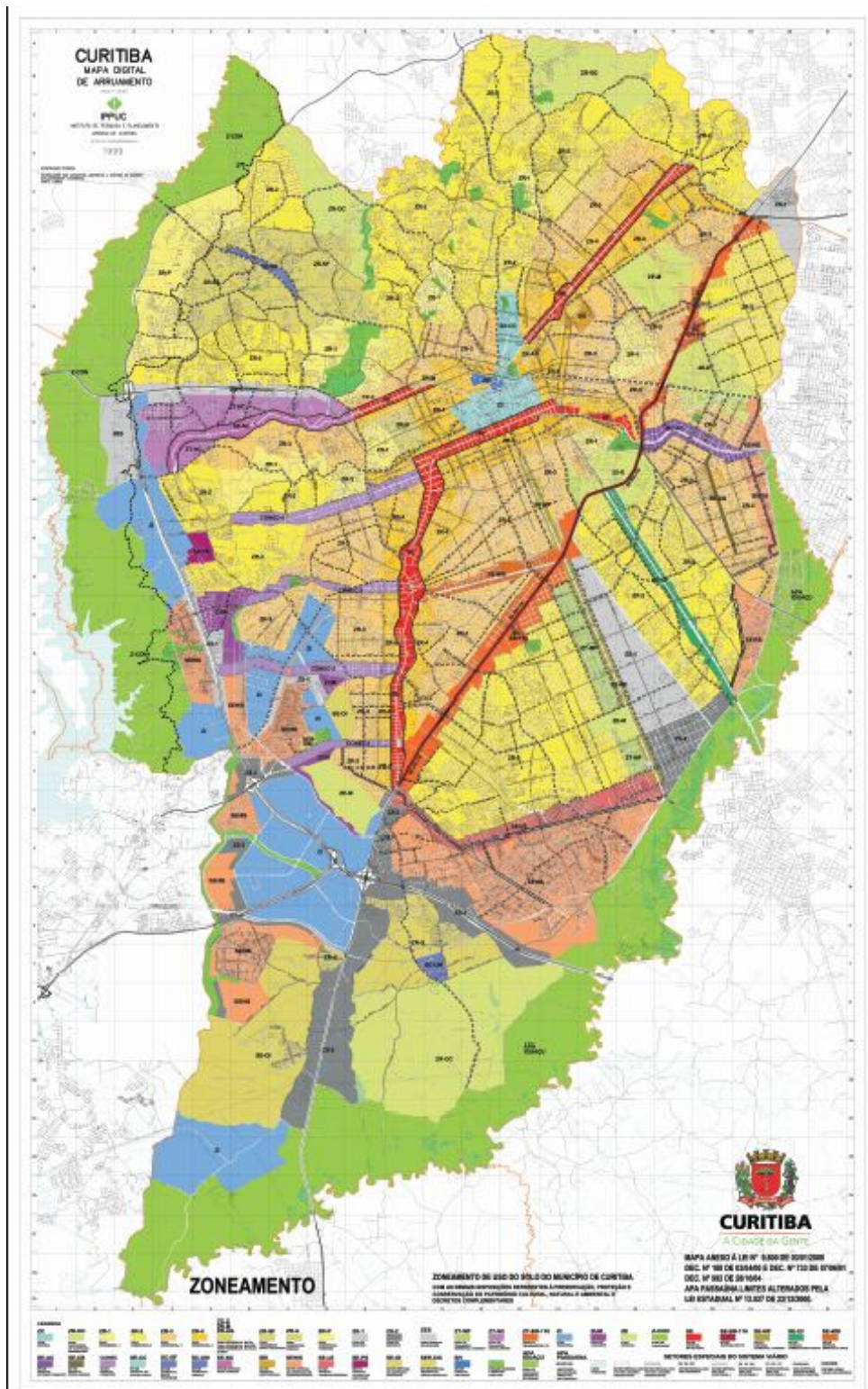


FIGURA 03 – ZONEAMENTO URBANO DE CURITIBA – EIXOS ESTRUTURAIS EM VERMELHO

FONTE: MAPAS IPPUC, 1999

Não obstante, a verticalização dos prédios ao longo do eixo estrutural forma cânions urbanos (OKE, 1978) – corredores de prédios altos em sequência – o que pode influenciar no ambiente da rua bem como nos níveis de conforto e de eficiência energética das edificações no local. Em decorrência da crise energética de 1970 e com o adensamento de grandes centros urbanos constante permanece o questionamento e a necessidade de se promover sobre a eficiência energética e o conforto térmico interno e externo em edificações contemporâneas. Na década de 80, 10 anos do início da ocupação dos eixos estruturais em Curitiba com a verticalização, surgiam alguns estudos sobre os impactos causados pelo adensamento (CAMPOS, 2005).

Como parâmetro urbanístico na cidade, o Setor Estrutural– zona ao longo dos eixos – definido pelo Art. 16 da Lei 9.800 do Uso do Solo e leis complementares, a legislação de Uso do Solo de 2012 não define uma altura máxima para estes arranha-céus, exceto em alguns trechos onde a altura pode ter máxima de 30 pavimentos pelo cone de aproximação da aeronáutica (TREMARIN, 2011), possibilitando que a insolação da vizinhança principalmente ao sul dos eixos estruturais seja parcialmente comprometida e por fim, necessite consumo de energia maior devido ao uso aumentado de sistemas de iluminação e climatização artificiais. Os parâmetros para a implantação de uma edificação são definidos através do tipo de uso do local (comercial, residencial unifamiliar ou coletivo, uso misto, ou serviços). A taxa de ocupação do solo é o parâmetro que limita a área da projeção da edificação a um percentual do terreno. Outro parâmetro é o coeficiente de aproveitamento, representado por um número que deverá ser multiplicado pela área do terreno para definir assim a altura máxima, ele difere seu valor entre as diferentes zonas. Como exemplo, se o valor for do coeficiente for 4, a área do terreno será multiplicada por 4, resultando a área da construção (PMC, 2000). A lei 9.800 prevê conjuntamente uma distância mínima no afastamento predial – laterais e fundo do terreno – através da base de cálculo  $H/6$ , ou seja, a altura total do edifício dividida pelo valor 6 é igual ao afastamento necessário. Em alguns casos o afastamento pode ser nulo caso não haja aberturas para as divisas (CAMPOS, 2005).

De acordo com Lamberts, Dutra e Pereira (1997), uma maior diligência por eletricidade gera uma necessidade de geração de energia maior e conseqüentemente a conveniência de novas usinas hidrelétricas, nucleares ou termoeletricas, todas ocasionando algum tipo de poluição ou impacto/risco para o ambiente.



QUADRO 01 – PARÂMETROS URBANÍSTICOS POR ZONAS

	COEFICIENTE DE APROVEITAMENTO	TAXA DE OCUPAÇÃO	ALTURA MÁXIMA
BATEL	SE – Setor Especial – Via Central		
	4	Térreo: 100% Demais: 50%	Livre
	SE – Setor Especial – Demais vias		
	4	Subsolo, térreo e 1º pav.: 75% Demais: 50%	Livre
ALTO DA GLÓRIA / JUVEVÊ	SE – Setor Especial – Via Central		
	4	Térreo: 100% Demais: 50%	Livre
	ZR-4 – Zona Residencial 4		
	2	50%	6pav.
MOSSUNGUÊ	SE-NC – Setor Especial Nova Curitiba		
	3	Subsolo: 60% Térreo e demais: 50%	Livre
	ZR-3 – Zona Residencial 3		
	1	50%	2

FONTE: Lei 9.800 do Uso do Solo (PMC, 2000) adaptado pela autora.

A Terra executa uma rota elíptica em torno do Sol, e se a linha imaginária entre os polos fosse paralela ao sol em relação à trajetória, um observador na Terra veria o Sol na mesma posição durante o ano. Entretanto, o Sol se desloca em por uma faixa que se estende do Trópico de Câncer até o Trópico de Capricórnio por latitudes com algum período de insolação zenital, na duração de seis meses. Desta forma, no dia 21 de junho, quando o Sol estiver no hemisfério Norte, sua radiação será mais incidente no Trópico de Câncer, caracterizando assim o solstício de verão no hemisfério Norte e, no hemisfério Sul, solstício de inverno. Portanto, para o hemisfério Sul, durante o solstício de verão, em 22 de dezembro, o dia possui a maior duração com a noite mais curta do ano e, no solstício de inverno, em 21 de junho, a maior duração é da noite. Nos dias 23 de setembro e 22 de março o sol se encontra

perpendicular com a linha do Equador, caracterizando os equinócios, onde o dia e a noite possuem a mesma duração (FROTA E SCHIFFER, 1999).

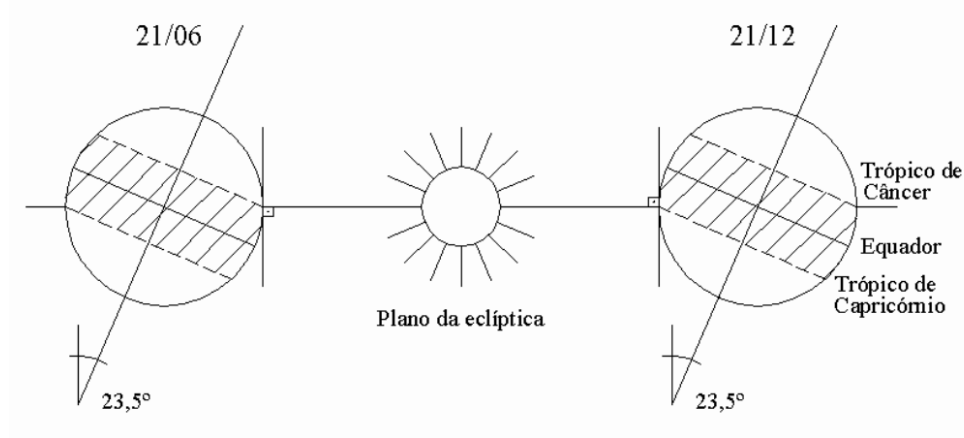


FIGURA 04 – POSIÇÃO DA TERRA EM RELAÇÃO AO SOL NOS SOLSTÍCIOS  
 FONTE: FROTA E SCHIFFER, 1999

O conforto térmico é dependente das trocas térmicas que o corpo humano faz com o meio em que se localiza, se ele está perdendo calor para o ambiente ou não, do vento e umidade locais. A sensação de conforto térmico para dois indivíduos expostos à mesma temperatura pode ser distinta. De acordo com ASHRAE – *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers* – 1993, o conforto térmico existe quando o indivíduo está com o seu corpo em equilíbrio térmico com as trocas de calor a que está submetido considerando a temperatura da pele e o suor dentro de limites pré-estabelecidos.

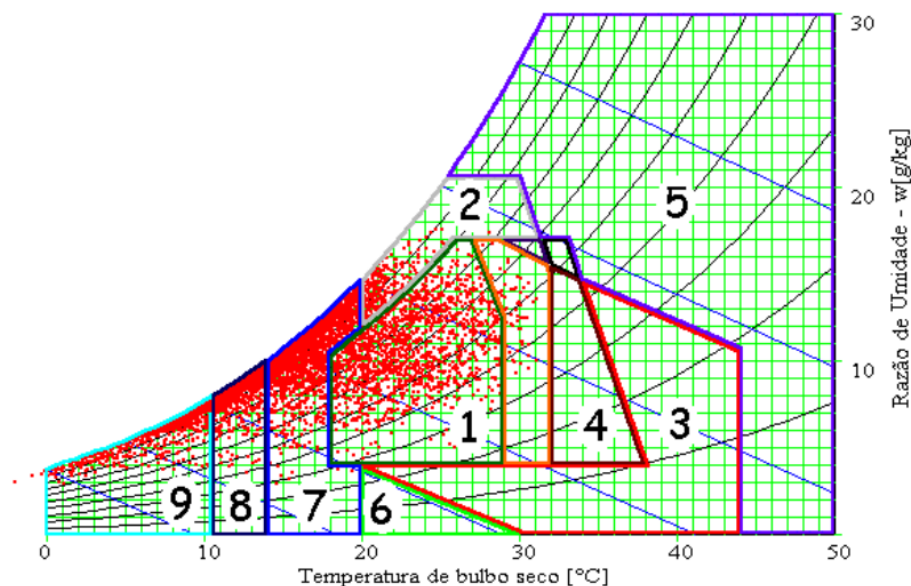
A carta bioclimática de Givoni de 1969 leva em consideração a temperatura do ar e a umidade relativa, e é construída sobre um diagrama psicrométrico. Esta carta exibe os limites máximos de conforto para um determinado local considerando a aclimação das pessoas (GOULART, LAMBERTS e FIRMINO, 1998). Estes autores realizaram a análise bioclimática de 14 cidades brasileiras, sendo uma delas Curitiba, a partir de registros meteorológicos de 1961 a 1970. Nessa análise, valores anuais de temperatura, umidade, velocidade do ar exteriores são mostrados em tabelas e a quantidade de horas em que ocorrem durante o mês são anotadas em intervalos de 6 horas cada. Como é de interesse desta monografia, a ênfase é no solstício de inverno de Curitiba, (Quadro 2).

QUADRO 02 – TEMPERATURA BIN PARA O MÊS DE JUNHO NA CIDADE DE CURITIBA

<b>TBS (°C)</b>	<b>Hora 1 - 6</b>	<b>Hora 7 - 12</b>	<b>Hora 13 - 18</b>	<b>Hora 19 - 24</b>
<b>-1,0 a 1,0</b>	8	4	-	-
<b>2,0 a 4,0</b>	15	6	-	6
<b>5,0 a 7,0</b>	17	9	-	15
<b>8,0 a 10,0</b>	43	38	11	45
<b>11,0 a 13,0</b>	63	47	41	47
<b>14,0 a 16,0</b>	34	45	56	51
<b>17,0 a 19,0</b>	-	17	24	15
<b>20,0 a 22,0</b>	-	11	23	1
<b>23,0 a 25,0</b>	-	3	25	-

FONTE: GOULART, LAMBERTS e FIRMINO, 1998

Goulart, Lamberts e Firmino (1998) apresentam uma carta bioclimática para o ano de referência com os dados de temperaturas e umidade para as 8760 horas do ano. Na carta bioclimática, (figura 04), a zona 7 – Massa térmica e Aquecimento Solar e a zona 8, de Aquecimento Solar Passivo aparecem no caso de Curitiba, recomendando-se que a edificação possua fachadas orientadas ao sol e superfícies envidraçadas para a maior absorção solar bem como recuos e afastamentos para receber sol mesmo no período do inverno (CAMPOS, 2005). Na zona 9, com temperaturas inferiores a 10,5°C sugere-se o uso de aquecimento artificial, preferencialmente combinado com o solar para evitar o consumo excessivo de energia elétrica. Sendo assim, é primordial e necessário a incidência solar em Curitiba, principalmente no período de inverno.



1- Zona de Conforto; 2 - Ventilação; 3 - Resfriamento Evaporativo; 4 - Massa Térmica para Resfriamento; 5 - Ar Condicionado; 6 - Umidificação; 7 - Massa Térmica e Aquecimento Solar Passivo; 8 - Aquecimento Solar Passivo; 9 - Aquecimento Artificial

FIGURA 05 – CARTA BIOCLIMÁTICA PARA O ANO DE REFERÊNCIA DE CURITIBA  
FONTE: GOULART, LAMBERTS e FIRMINO, 1998

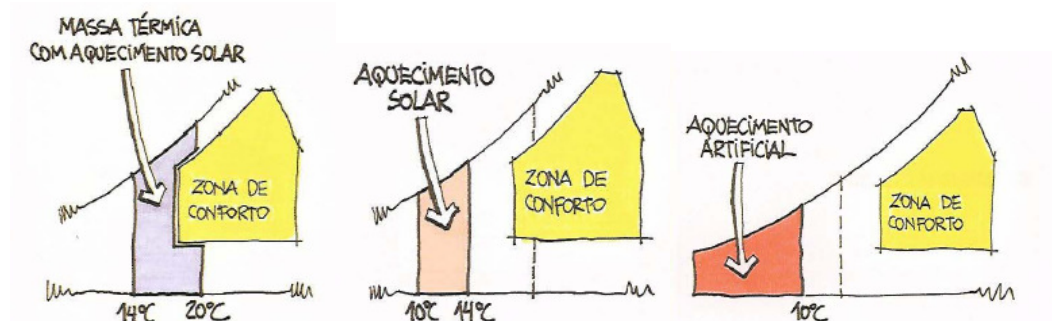


FIGURA 06 – EXPLICAÇÃO CARTA BIOCLIMÁTICA DE GIVONI  
FONTE: LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 1997

Para o hemisfério Sul, a face sul da edificação durante o período de inverno não recebe nenhum sol, a face norte, porém, tem insolação durante todo o inverno e parte da primavera. As faces voltadas ao oeste e leste recebem sol na parte da tarde e manhã respectivamente. Estas informações podem ser comprovadas através da carta solar – figura 05 – para a latitude de Florianópolis com resultado semelhante para Curitiba. (LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 1997).

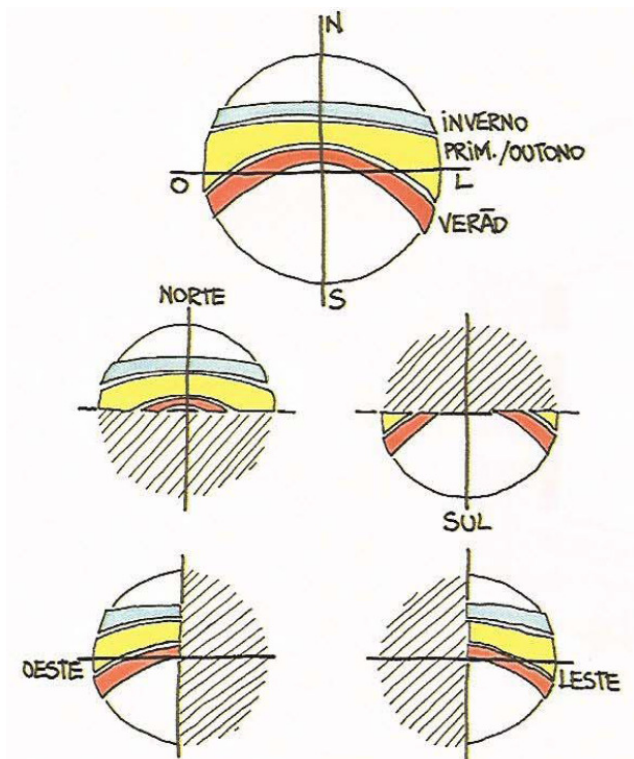


FIGURA 07 – CARTA SOLAR PARA O MUNICÍPIO DE FLORIANÓPOLIS – CLIMA SUBTROPICAL  
 FONTE: LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 1997

A quantidade de insolação em uma edificação pode ser prevista pelas cartas solares e, controlada através de soluções construtivas e seleção de materiais nos projetos arquitetônicos. Entretanto, como citado por Lechner (1990): “nada é tão certo e consistente como o movimento do sol através do céu. O que não é certo é se a futura construção em propriedade vizinha obstruirá o sol”. Quando uma edificação está inserida em um contexto urbano de expansão vertical, ela pode sofrer o sombreamento de novos edifícios e alterações no regime de ventos, alterando o seu microclima local. (CAPELUTO, YEZIORO E SHAVIV, 2003). Segundo Schmid (2001), o entorno da edificação é essencial para determinar o microclima pois a iluminação pode ser difusa pelo reflexo do céu e materiais, mas diferentemente do som e do vento, a radiação solar se propaga em linhas retas sendo bloqueada quando há um obstáculo como, por exemplo, as edificações do entorno. A luz e a radiação solar são componentes básicos da arquitetura bioclimática, do mesmo modo que influenciando na questão sanitária e psicológica do ocupante. Esta modalidade de arquitetura solar pretende aproveitar o sol no inverno para o aquecimento e proteger os ambientes calor, no verão (ROMERO, 2001).

Por mais que as cartas solares sejam minuciosamente analisadas, a quantidade de insolação recebida por uma edificação não pode ser prevista, pois está inter-relacionada com o seu entorno. Na região subtropical, o que compreende a região sul do Brasil, durante o inverno, o sol está mais baixo que no verão, o que significa que poderá haver uma sombra de edifícios do entorno, principalmente no caso de Curitiba, pelo adensamento e verticalização dos Setores Estruturais (MASCARÓ, 1996).

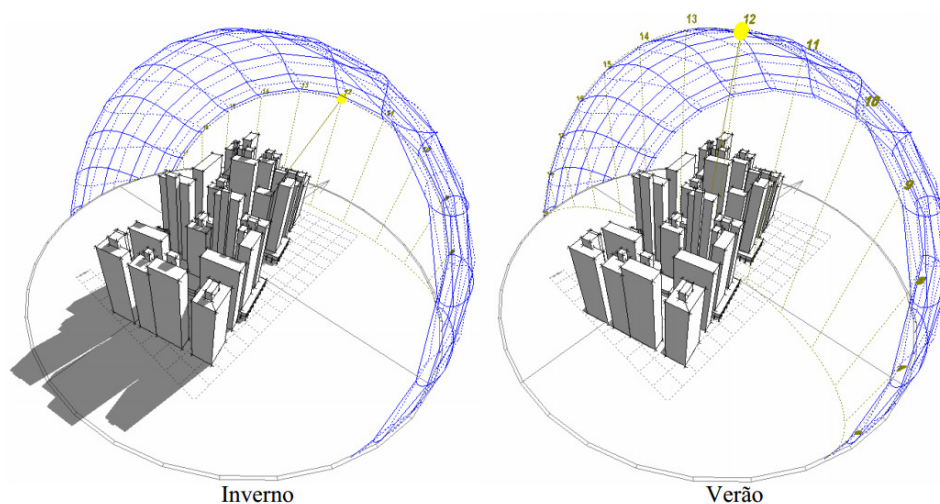


FIGURA 08 – PERCURSO DO SOL DURANTE O SOLSTÍCIO DE INVERNO E VERÃO EM CURITIBA – ÊNFASE NO SOMBREAMENTO  
 FONTE: CAMPOS, 2005

## 2.1. ENVELOPE SOLAR

Envelope solar é uma representação geométrica para o controle da quantidade de luz solar evitando que o entorno gere um sombreamento indesejado durante determinado período do dia (GRAZZIOTIN et al., 2002). De acordo com Knowles e Berry (1980), envelope solar seria “o maior volume que uma edificação pode ocupar no terreno de forma a permitir o acesso ao sol e luz natural da vizinhança imediata”. O envelope solar gera um volume imaginário no terreno de interesse para que não gere sombras sobre os terrenos em seu entorno, levando em consideração o contexto urbano, latitude local, durante quantas horas se deseja ter o acesso solar assim como a quantidade de sombra permitida nas ruas, dimensão do terreno, edifícios adjacentes ou uso de tecnologias de conversão solar por meios passivos ou ativos. (PÉREZ, FÁVERO, 2007).

### 3. METODOLOGIA

Este trabalho foi desenvolvido para Curitiba, latitude 25,5° S, com o intuito de verificar a influência da verticalização dos eixos estruturais induzidos pela lei de uso e ocupação do solo sobre as quadras adjacentes, principalmente ao sul dos eixos. Foram analisados os parâmetros de uso e ocupação para três condições de adensamento: 1) área consolidada, 2) área em construção e, 3) área consolidada com espaçamento entre edificações. As tabelas de parâmetros de ocupação de cada condição analisada estão localizadas na bibliografia. Para cada uma das condições de adensamento, foram considerados os volumes existentes, alturas e distâncias observados *in loco* para a realização de uma maquete 3D através do programa computacional SketchUp 8.0. Através deste programa, foi feita a simulação do sombreamento nas quadras adjacentes durante o solstício de inverno. O mapeamento foi realizado através de imagens aéreas do Google Maps, considerando o perímetro da cobertura e relocado para a base com o auxílio do programa AutoCad, como mostra a figura 9. Para a medição das alturas foi realizado um levantamento visual pelo número de pavimentos, considerando que cada um deles possua altura média de 3 metros, sendo adicionados 3 metros a mais na tentativa de minimizar possíveis erros de estimativa. Para o limite das quadras, foi utilizada a base de arruamento do IPPUC de 2013.

As quantidades de sombra (em porcentagem) das três áreas foram confrontadas para obtenção de um comparativo entre as três situações de urbanização e orientação solar por meio de quantidade de área sombreada de superfície expressa em m<sup>2</sup> com a quantidade em porcentagem sombreada para confrontar qual das áreas possui um sombreamento menor. Por fim, foi feita a análise com o uso do envelope solar para confrontar a altura das edificações existentes, caso esse método fosse utilizado no município de Curitiba.

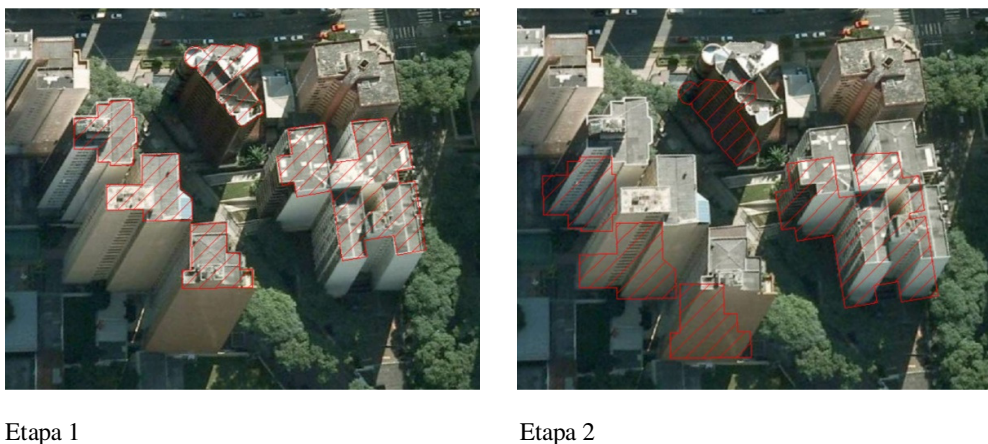


FIGURA 09 – MAPEAMENTO E LOCAÇÃO DAS EDIFICAÇÕES  
 FONTE: A AUTORA, 2014

### 3.1 – DESCRIÇÃO DAS ÁREAS

Foram escolhidas três áreas com situações urbanísticas distintas: 1) área consolidada com edifícios já implantados, onde a probabilidade de inserção de novos edifícios é baixa, 2) área em construção, onde atualmente não há edifícios altos, mas com obras já iniciadas e, 3) área consolidada, com espaçamento, onde os parâmetros para construção de prédios foram pré-estabelecidos com afastamento mínimos entre edificações.

#### 3.1.1 – ÁREA DE ESTUDO I – BAIROS: BATEL / ÁGUA VERDE

As quadras entre as ruas Castro Alves e República Argentina, Avenida Sete de Setembro e Avenida Iguazu na altura da Praça do Japão no bairro do Batel, foram consideradas uma área de verticalização consolidada por sua grande densidade populacional e alta verticalização onde, poucos terrenos ainda podem ser edificados com volumes altos. Estas quadras, tanto as analisadas quanto as impactadas, estão localizadas dentro da zona SE – Setor Especial Estrutural, portanto possuem como característica edifícios altos sombreando outros.



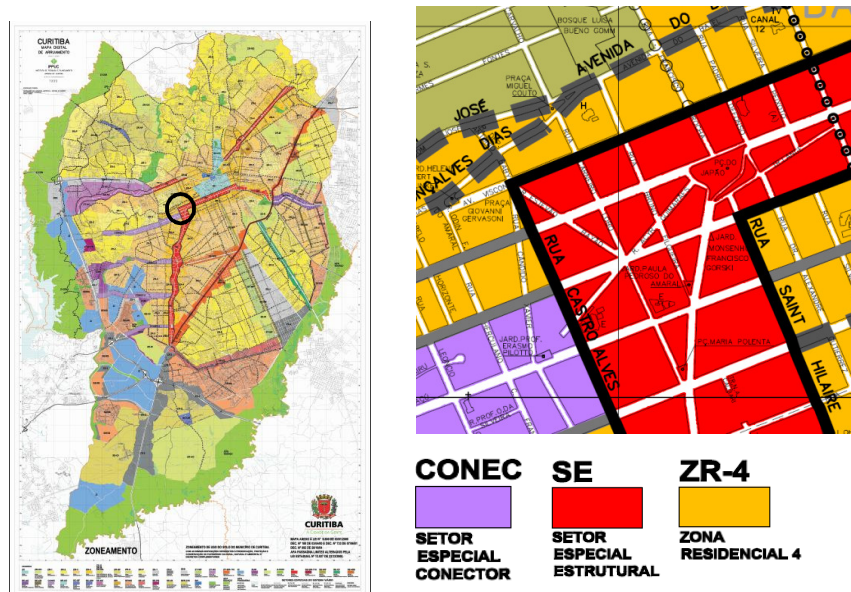


FIGURA 10 – LOCALIZAÇÃO DA ÁREA I – ZONEAMENTO URBANO DE CURITIBA  
 FONTE: MAPAS IPPUC, 1999 - ADAPTADO PELA AUTORA, 2014.

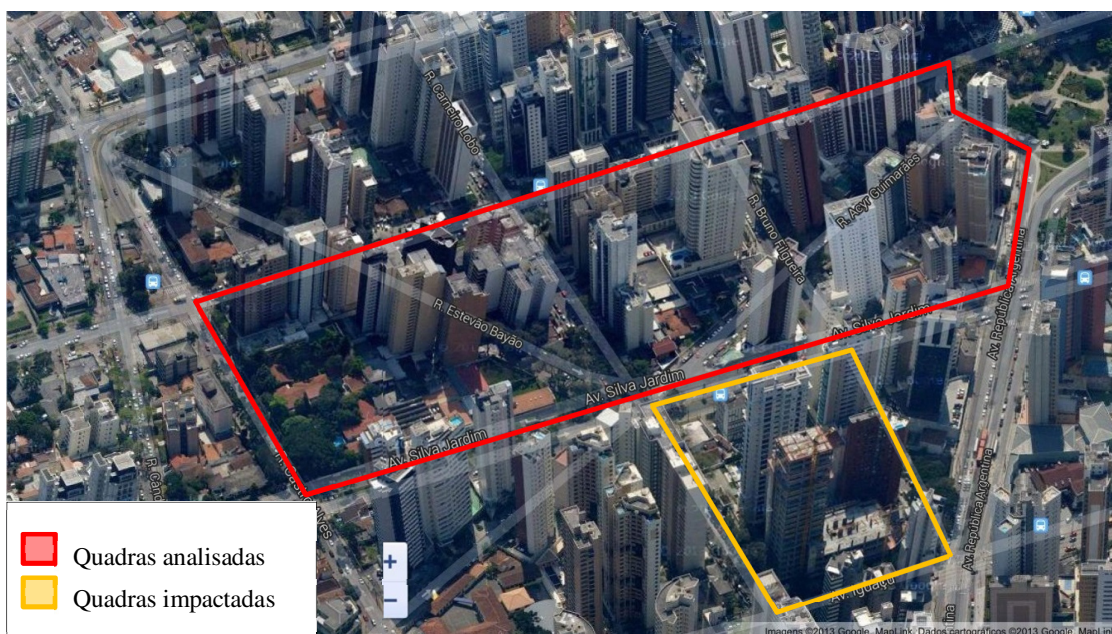


FIGURA 11 – ÁREA I - FOTO AÉREA COM ÂNGULO DE 45°  
 FONTE: GOOGLE MAPS – ADAPTADO PELA AUTORA, 2014

Com o levantamento das edificações *in loco* foi possível montar a maquete 3D no programa SketchUp para avaliar o impacto do sombreamento na quadras impactadas adjacentes aos eixos. Ainda, para atenuar as diferenças deste estudo com a realidade na

quadra impactada, foram escolhidas 3 quadras consecutivas ao sul do eixo com o intuito de constatar o possível sombreamento durante período integral do dia.

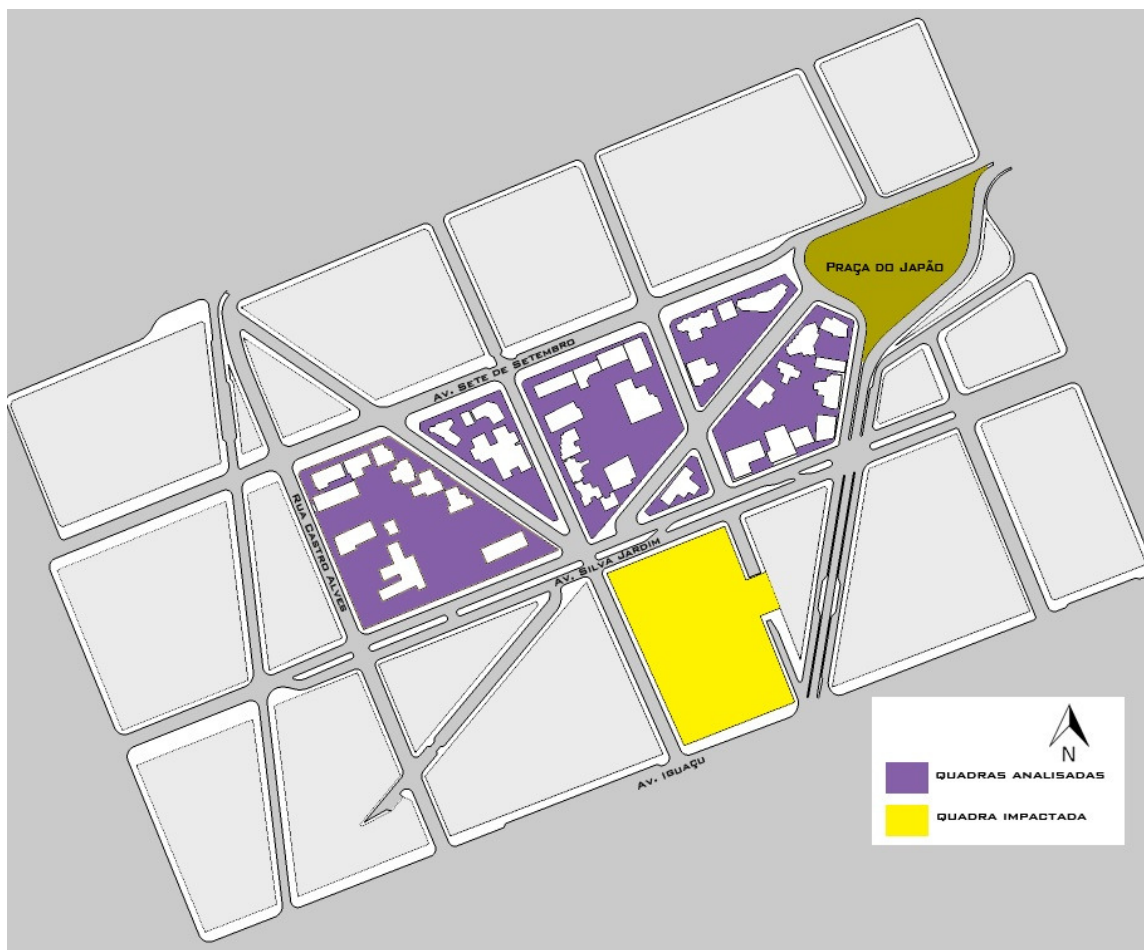


FIGURA 12 – ÁREA I – BATEL / ÁGUA VERDE  
FONTE: A AUTORA, 2014

O levantamento visual das alturas foi realizado *in loco* e representado na planta, cada edificação com o número de pavimentos demarcados para a montagem do 3D. Também através do levantamento foi possível montar o skyline a partir da quadra impactada em direção às quadras analisadas.



FIGURA 13 – ÁREA I – PLANTA COM NÚMERO DE PAVIMENTOS DOS EDIFÍCIOS  
 FONTE: A AUTORA, 2014

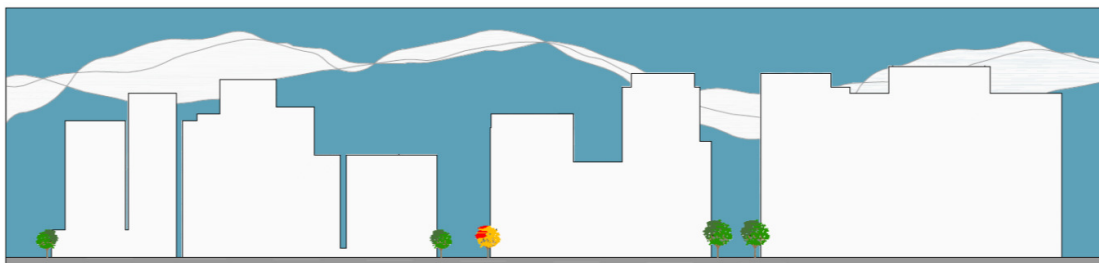


FIGURA 14 – ÁREA I – SKYLINE DOS EDIFÍCIOS DAS QUADRAS ANALISADAS  
 FONTE: A AUTORA, 2014

Para compreender o quantitativo de insolação que a quadra recebe ou é privada de, foi montado um quadro com as 10 imagens, cada uma delas representando um horário desde as 8 horas da manhã, horário em que o sol já está presente, pois nasce às 7 horas e 2 minutos, até o final do dia, às 17 horas, sendo que o sol se põe às 17 horas e 35 minutos. A quadra impactada está grifada de cor amarela para facilitar sua identificação.



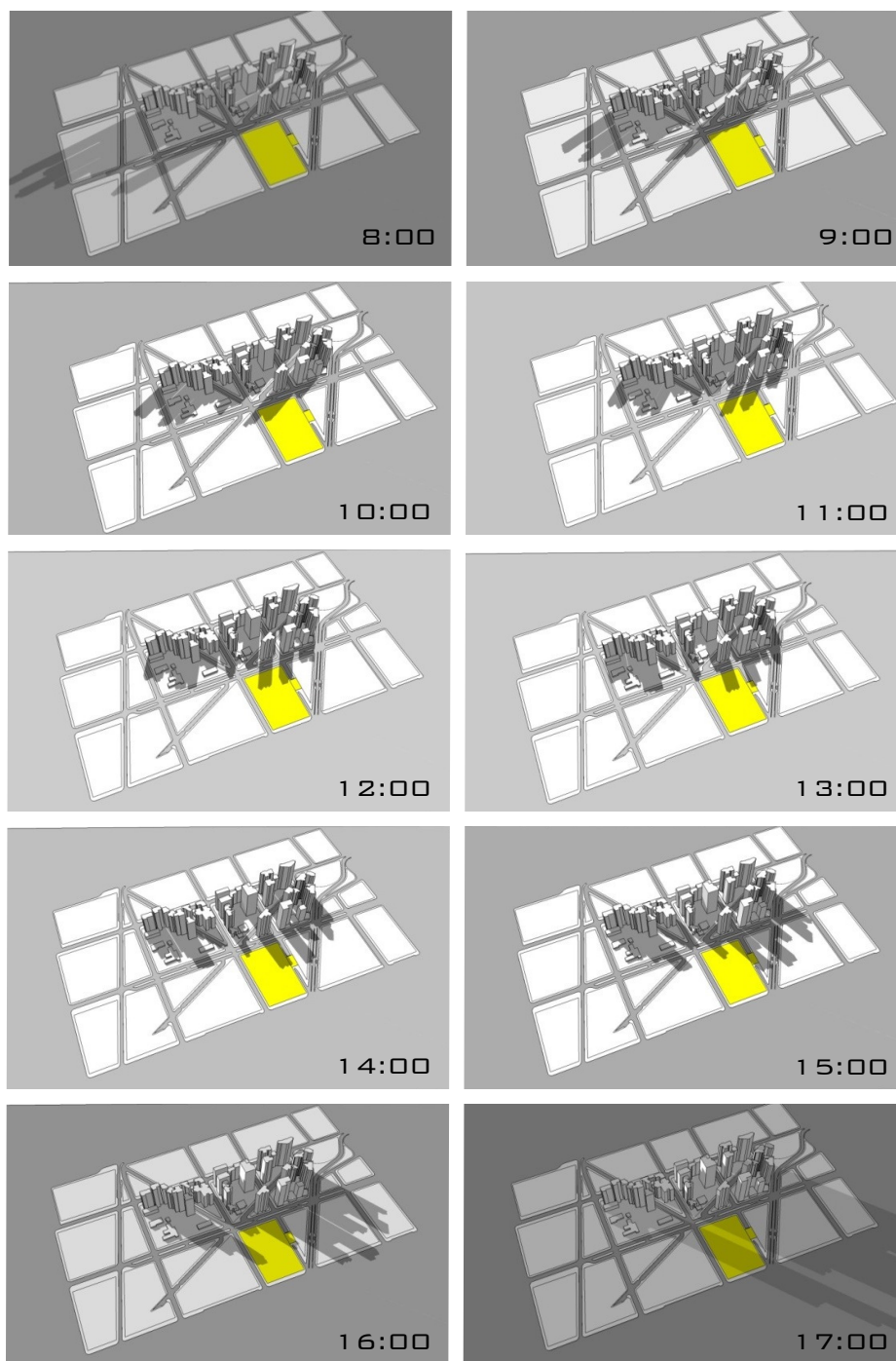
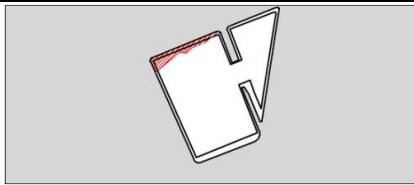


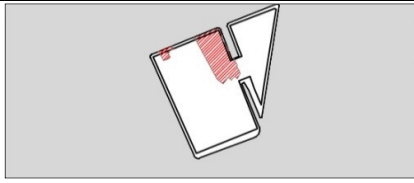
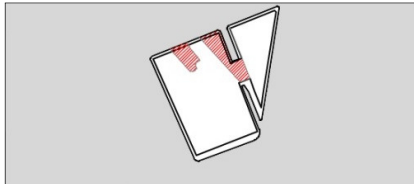
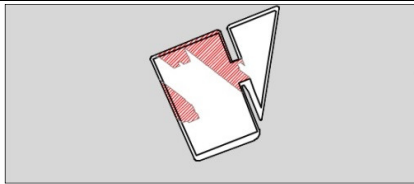
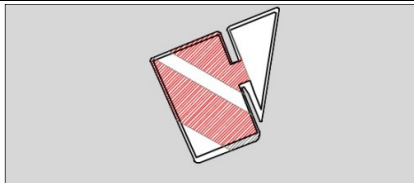
FIGURA 15 – ÁREA I – SOMBREAMENTO DAS QUADRAS DAS 8:00 ÀS 17:00  
FONTE: A AUTORA, 2014

Através do programa SketchUp, com a simulação de sombras, foi possível passar as imagens para o AutoCad para mensurar e quantificar o sombreamento da quadra em questão. Os valores foram então representados como passados para porcentagens de área sombreada.

A área total da quadra impactada é aproximadamente 17.531,22 m<sup>2</sup> de acordo com o mapa de arruamento do IPPUC de 2013.

QUADRO 3 – ÁREA I – PORCENTAGEM DE SOMBREAMENTO 8:00 ÀS 17:00

HORÁRIO	PROJEÇÃO DA SOMBRA	ÁREA SOMBREADA	PORCENTAGEM SOMBREAMENTO
8:00		Não há sombra	-
9:00		1.112,96 m <sup>2</sup>	6,35%
10:00		2.362,02 m <sup>2</sup>	13,47%
11:00		3.102,66 m <sup>2</sup>	17,70%
12:00		2.643,67 m <sup>2</sup>	15,07%
13:00		2.180,00 m <sup>2</sup>	12,43%

14:00		2.813,15 m <sup>2</sup>	16,04%
15:00		2.539,27 m <sup>2</sup>	14,48%
16:00		5.387,50 m <sup>2</sup>	30,73%
17:00		12.703,02 m <sup>2</sup>	72,46%

FONTE: A AUTORA, 2014

### 3.1.2 – ÁREA DE ESTUDO II – BAIROS: ALTO GA GLÓRIA / JUVEVÊ

As quadras entre as ruas Mauá e Alberto Bolliger, Avenida João Gualberto e rua Dr. Zamenhof com continuidade da rua Machado de Assis, nas proximidades do campo do estádio Major Antônio Couto Pereira, foi considerada uma área em construção localizada na divisa dos bairros Alto da Glória e Juvevê. Atualmente existem alguns prédios entre as ruas Mauá e a Augusto Severo e as ruas Constantino Marochi e Alberto Bolliger e, a quadra entre as ruas Augusto Severo e Constantino Marochi possui usos comerciais e residenciais de no máximo 2 pavimentos. Pela especulação imobiliária e devido ao fato do local ser de alto potencial construtivo, a quadra, com exceção de uma fábrica de bolachas, foi comprada pela construtora Cyrela para a construção de um novo empreendimento de caráter comercial – escritórios – e hoteleiro. Para esta área será analisado o impacto das edificações existentes e com o novo empreendimento que deve ser entregue em março de 2016 com o intuito de contabilizar o sombreamento.

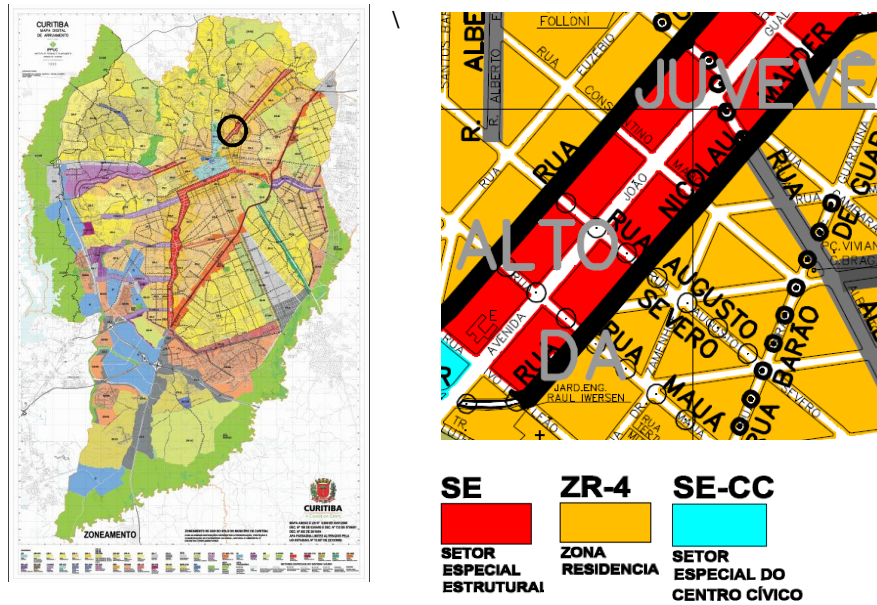


FIGURA 16 – LOCALIZAÇÃO DA ÁREA II NO ZONEAMENTO URBANO DE CURITIBA  
 FONTE: MAPAS IPPUC, 1999 - Adaptado pelo autora.



FIGURA 17 – ÁREA II – FOTO AÉREA COM ÂNGULO DE 45°  
 FONTE: GOOGLE MAPS – ADAPTADO PELA AUTORA, 2014



Com o levantamento das edificações *in loco* foi possível montar a maquete 3D para avaliar o impacto do sombreamento na quadras adjacentes aos eixos. Ainda, para atenuar as diferenças deste estudo com a realidade, foram escolhidas três quadras consecutivas ao sul do eixo estrutural, sendo que a quadra adjacente impactada é a central, de modo a se poder analisar o sombreamento em período integral.



FIGURA 18 – ÁREA II – ALTO DA GLÓRIA / JUVENVÊ  
FONTE: A AUTORA, 2014

O levantamento visual das alturas foi realizado *in loco* e representado na planta, cada edificação com o número de pavimentos demarcados para a montagem do 3D. Também, através do levantamento foi possível montar o skyline a partir da quadra impactada em direção às quadras analisadas.





FIGURA 19 – ÁREA II – PLANTA COM NÚMERO DE PAVIMENTOS DOS EDIFÍCIOS  
 FONTE: A AUTORA, 2014

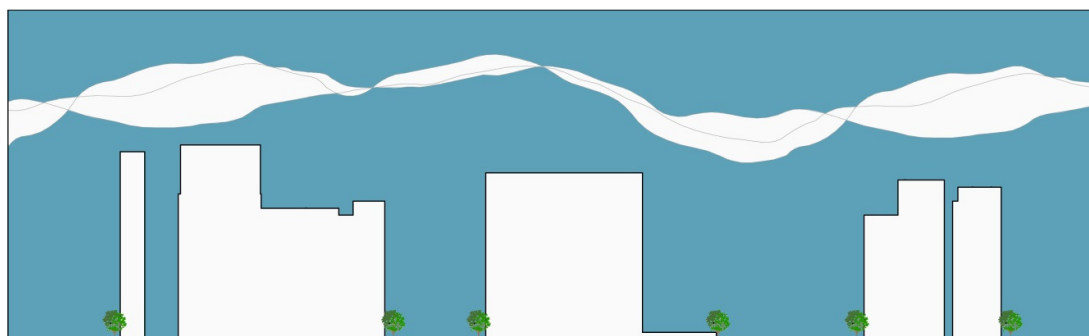


FIGURA 20 – ÁREA II – SKYLINE DOS EDIFÍCIOS DAS QUADRAS ANALISADAS  
 FONTE: A AUTORA, 2014

De forma semelhante à primeira área analisada, foi determinado o quadro abaixo com as 10 imagens dos horários que representam a quantidade de sombra submetida.

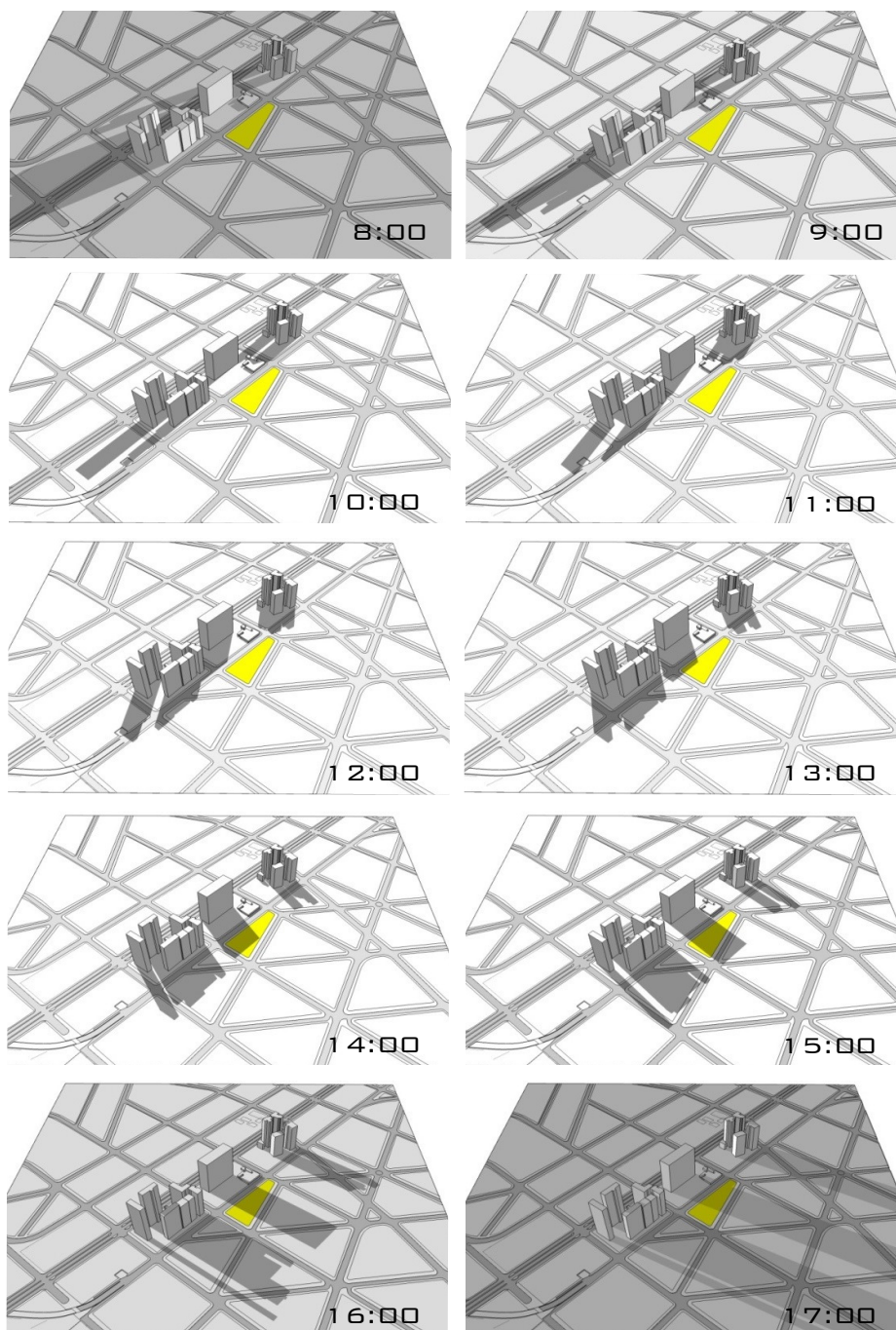
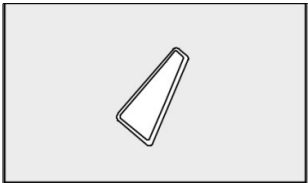
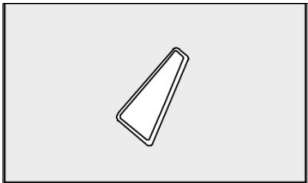
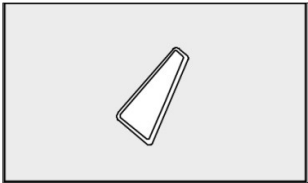
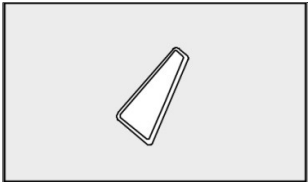
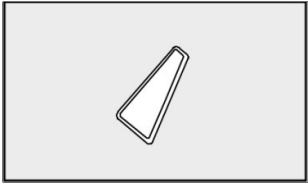
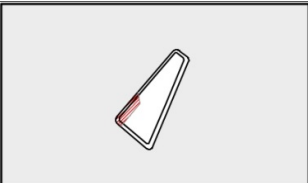


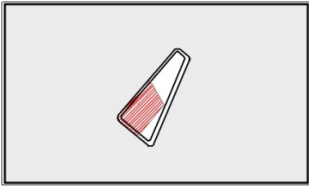
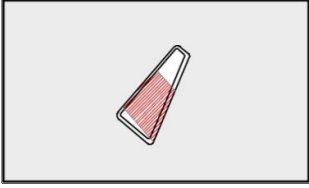
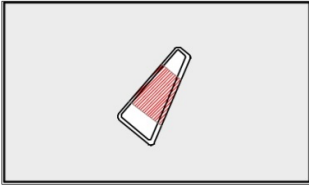
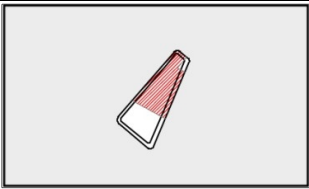
FIGURA 21 – ÁREAII – SOMBREAMENTO DAS QUADRAS DAS 8:00 ÀS 17:00  
FONTE: A AUTORA, 2014

Através do programa SketchUp, com a simulação de sombras, foi possível passar as imagens para o AutoCad para mensurar e quantificar o sombreamento da quadra em questão e os valores foram passados para porcentagens de área sombreada. A área total da quadra

impactada é de aproximadamente 5.959,82 m<sup>2</sup> de acordo com o mapa de arrumamento do IPPUC de 2013.

QUADRO 4 – ÁREA II – PORCENTAGEM DE SOMBREAMENTO 8:00 ÀS 17:00

HORÁRIO	PROJEÇÃO DA SOMBRA	ÁREA SOMBREADA	PORCENTAGEM SOMBREAMENTO
8:00		Não há sombra	-
9:00		Não há sombra	-
10:00		Não há sombra	-
11:00		Não há sombra	-
12:00		Não há sombra	-
13:00		577,62 m <sup>2</sup>	9,70%

14:00		2.560,58 m <sup>2</sup>	42,96%
15:00		3.670,00 m <sup>2</sup>	61,58%
16:00		3.109,94 m <sup>2</sup>	52,18%
17:00		3.298,99 m <sup>2</sup>	55,35%

FONTE: A AUTORA, 2014

A principal sombra nesta área de estudo será ocasionada pela construção da nova edificação da Cyrela de uma altura aproximada de 69 metros. Atualmente a área é sombreada pelos prédios do outro lado do eixo da Avenida João Gualberto mas, em função do novo empreendimento de maior proximidade, a quantidade total de horas de sol durante o solstício de inverno será diminuída futuramente.

### 3.1.3 – ÁREA DE ESTUDO III – BAIRRO: MOSSUNGUÊ

As quadras entre as ruas Luíza Mazetto Baggio e Franciso Lipka, Deputado Heitor Alencar Furtado e rua Monsenhor Ivo Zanlorenzi localizadas no bairro do Mossunguê, foram consideradas como sendo parte de uma área consolidada com espaçamento entre as edificações pois, está localizada na zona do Setor Especial Nova Curitiba onde o afastamento lateral é facultado para até dois pavimentos e, acima de dois, deve responder ao cálculo de  $H/6$  sendo o H a altura total da edificação. Neste zoneamento foi executado o plano original para os setores especiais, torres isoladas em meio a jardins. Houve a dificuldade de escolha da



área nesta região devido à da topografia do terreno, que deve ser o mais plana possível para atenuar erros nas alturas e, pela grande dimensão das quadras impactadas sendo viável a análise da quadra entre as ruas Monsenhor Ivo Zanlorenzi e Francisco Juglair.

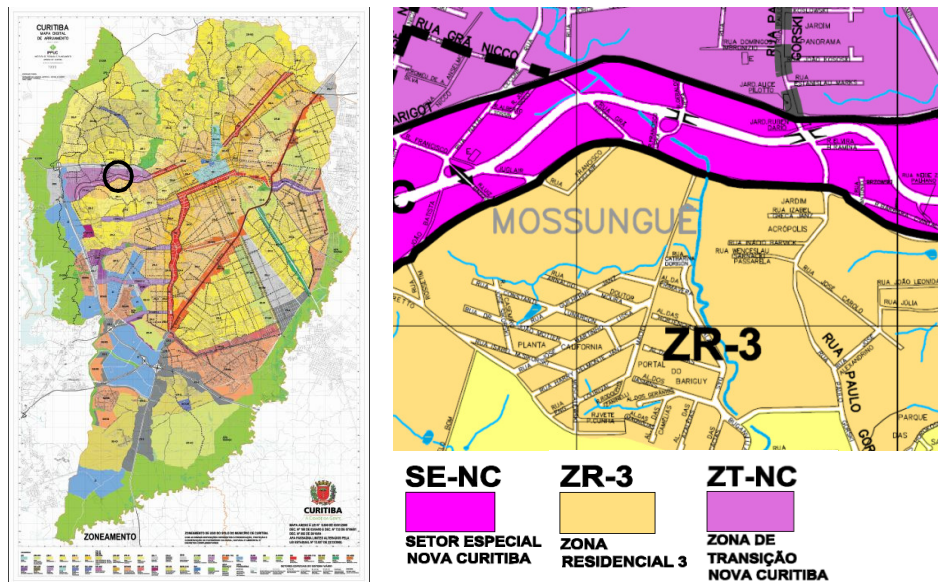


FIGURA 22 – LOCALIZAÇÃO DA ÁREA III NO ZONEAMENTO URBANO DE CURITIBA

FONTE: MAPAS IPPUC, 1999 - Adaptado pelo autor.

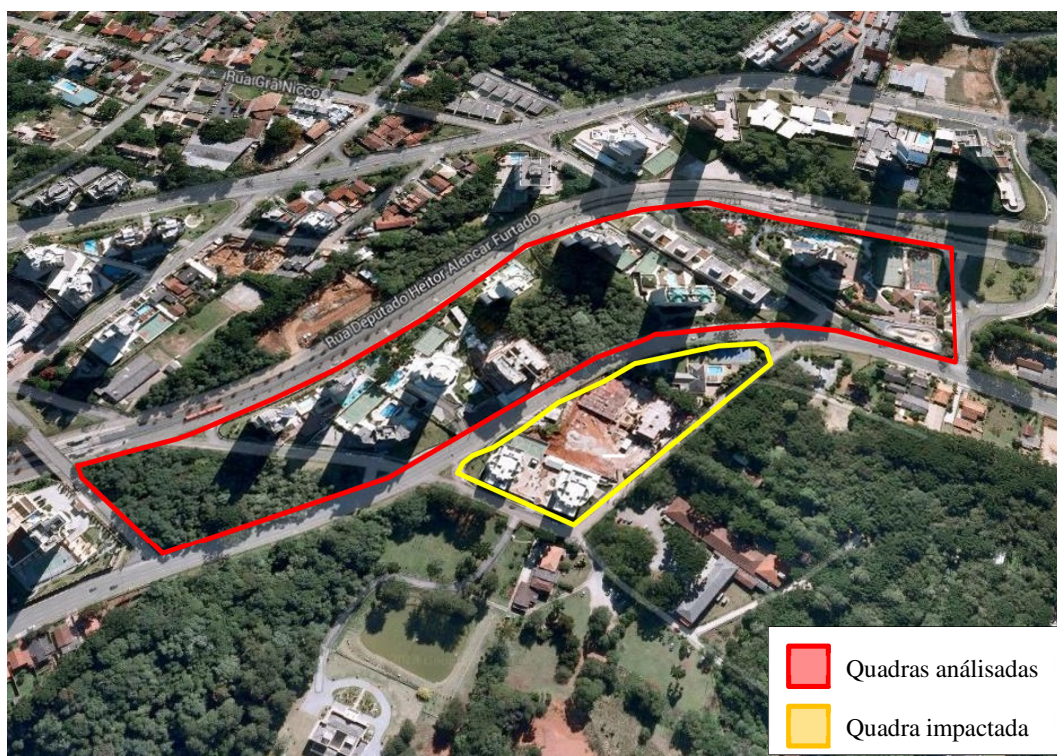


FIGURA 23 – ÁREA III – FOTO AÉREA COM ÂNGULO DE 45°

FONTE: GOOGLE MAPS – ADAPTADO PELA AUTORA, 2014

Com o levantamento das edificações *in loco* foi possível montar a maquete 3D para avaliar o impacto do sombreamento na quadras adjacentes aos eixos. Ainda, para atenuar as diferenças deste estudo com a realidade, foram escolhidas três quadras consecutivas ao sul do eixo estrutural, sendo que a quadra adjacente impactada é a central para analisar o sombreamento em período integral. Nesta área uma das quadras não possui edificações.

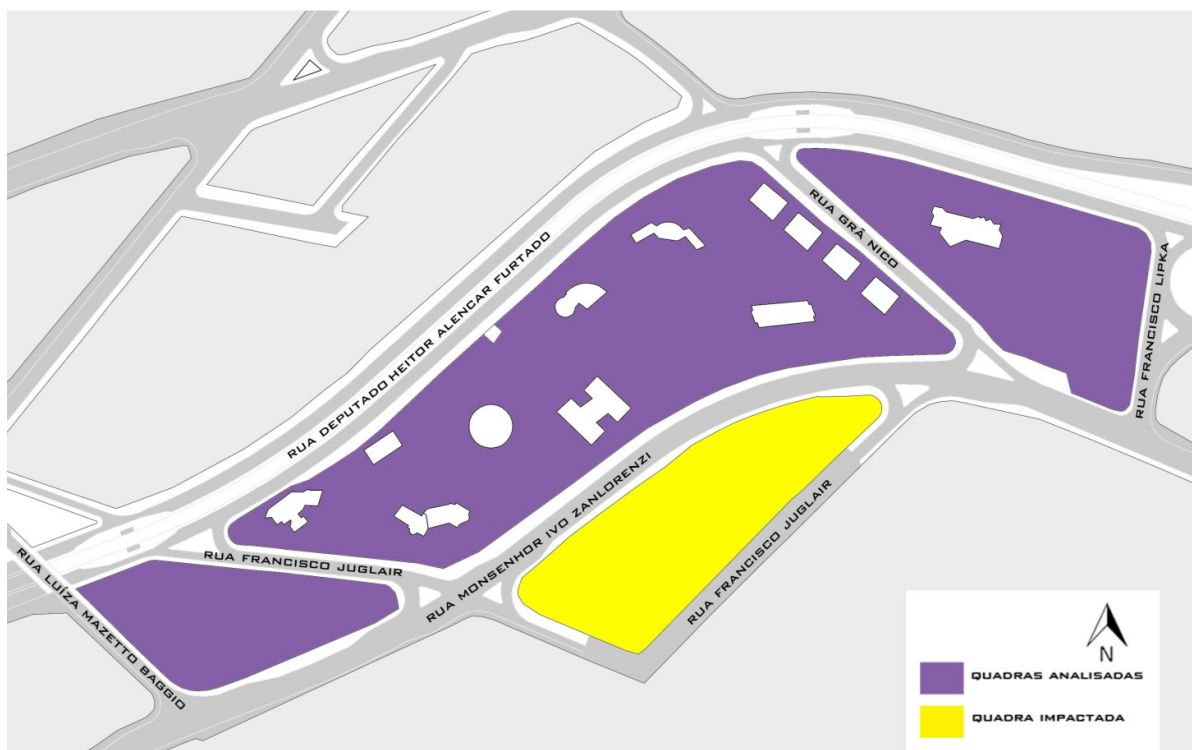


FIGURA 24 – ÁREA II – ALTO DA GLÓRIA / JUVEVÊ  
FONTE: A AUTORA, 2014

O levantamento visual das alturas foi realizado *in loco* e representado na planta, cada edificação com o número de pavimentos demarcado para a montagem do 3D. Também, através do levantamento foi possível montar o skyline a partir da quadra impactada em direção às quadras analisadas.

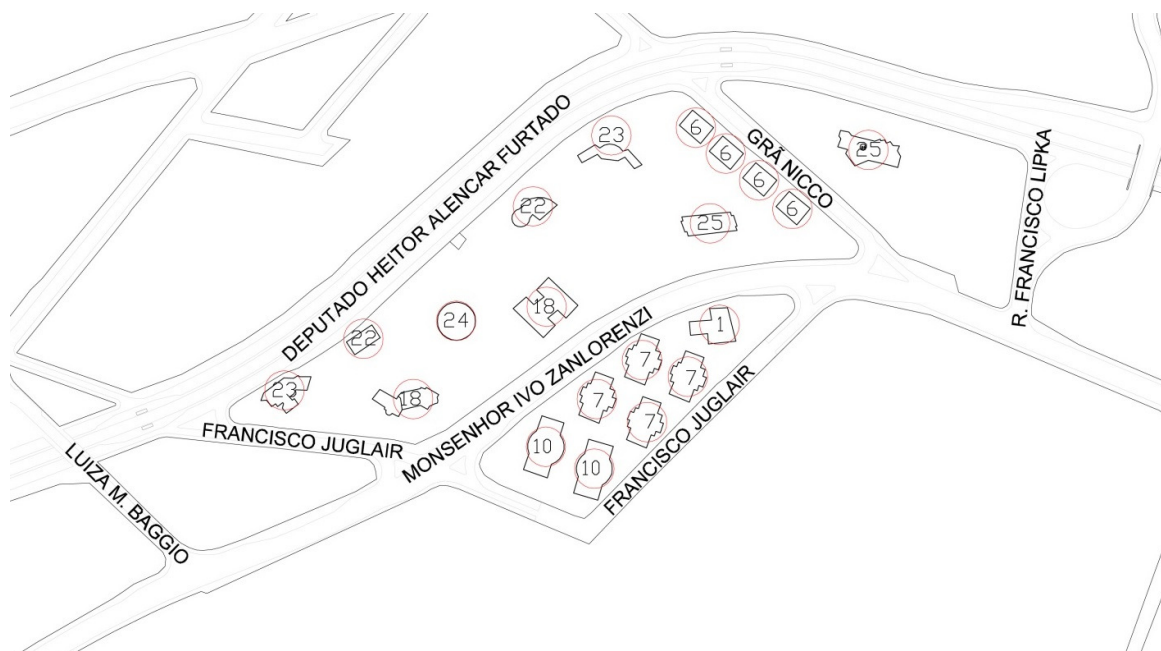


FIGURA 25 – ÁREA III – PLANTA COM NÚMERO DE PAVIMENTOS DOS EDIFÍCIOS

FONTE: A AUTORA, 2014

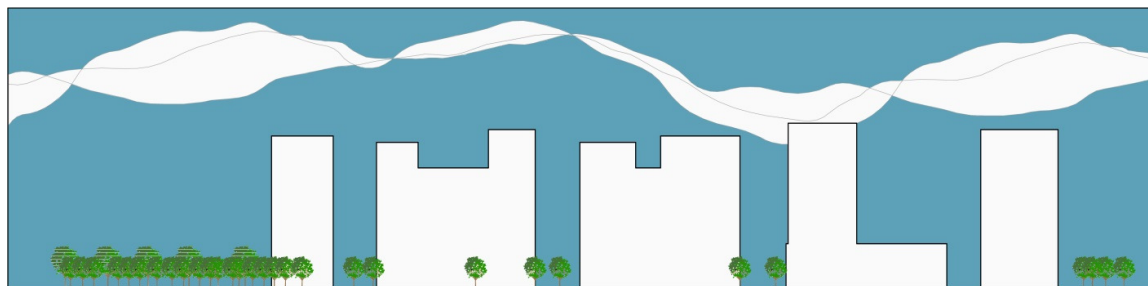


FIGURA 26 – ÁREA III – SKYLINE DOS EDIFÍCIOS DAS QUADRAS ANALISADAS

FONTE: A AUTORA, 2014

De forma semelhante à primeira e segunda áreas analisadas, foi determinado o quadro abaixo com as 10 imagens dos horários que representam a quantidade de sombra submetida.



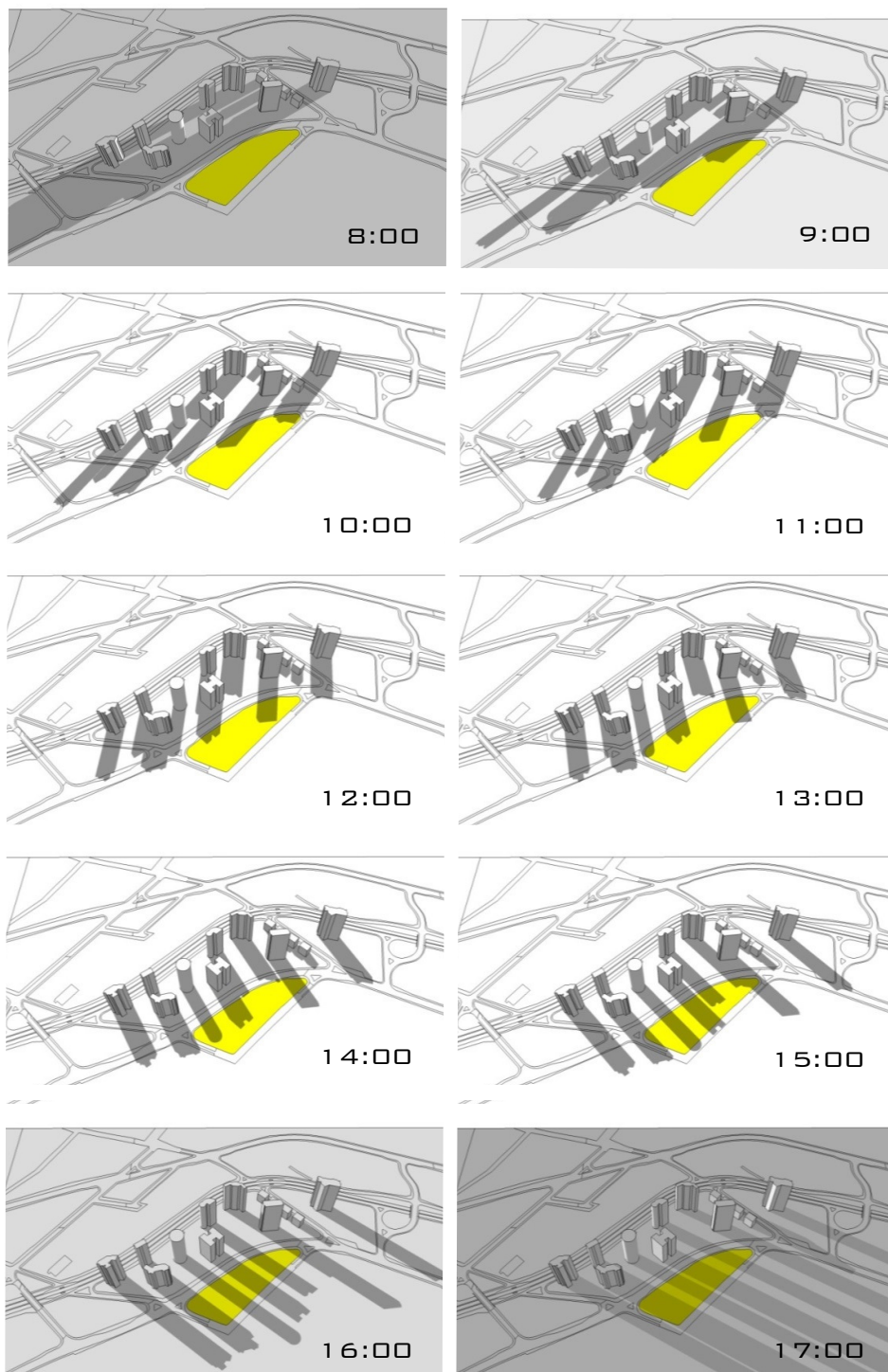
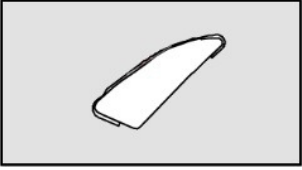
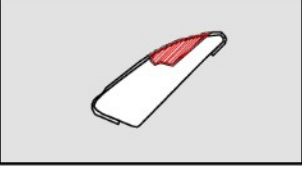
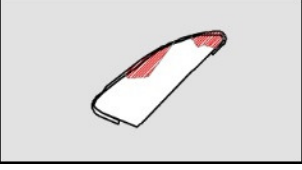
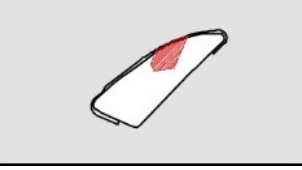
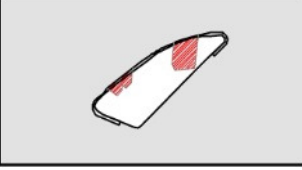
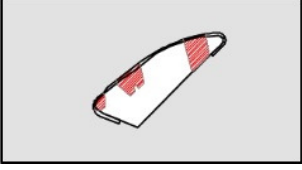


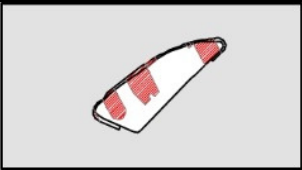
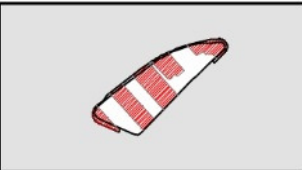
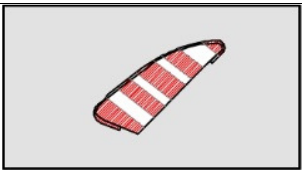
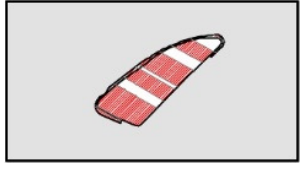
FIGURA 27 – ÁREA III – SOMBREAMENTO DAS QUADRAS DAS 8:00 ÀS 17:00  
FONTE: A AUTORA, 2014



Através do programa SketchUp, com a simulação de sombras, foi possível passar as imagens para o AutoCad para mensurar e quantificar o sombreamento da quadra em questão e os valores foram passados para porcentagens de área sombreada. A área total da quadra impactada é aproximadamente 12.740,88 m<sup>2</sup> de acordo com o mapa de arrumamento do IPPUC de 2013.

QUADRO 5 – ÁREA III – PORCENTAGEM DE SOMBREAMENTO 8:00 ÀS 17:00

HORÁRIO	PROJEÇÃO DA SOMBRA	ÁREA SOMBREADA	PORCENTAGEM SOMBREAMENTO
8:00		Não há sombra	-
9:00		1.831,84 m <sup>2</sup>	14,37%
10:00		2.336,63 m <sup>2</sup>	18,33%
11:00		1.589,50 m <sup>2</sup>	12,47%
12:00		2.270,97 m <sup>2</sup>	17,82%
13:00		2.965,30 m <sup>2</sup>	23,27%

14:00		3.823,35 m <sup>2</sup>	30%
15:00		6.728,07 m <sup>2</sup>	52,80%
16:00		7.951,84 m <sup>2</sup>	61,82%
17:00		9.050,84 m <sup>2</sup>	71,03%

FONTE: A AUTORA, 2014

O sombreamento desta área de estudo é ocasionado pelas edificações altas que, mesmo sendo espaçadas, ainda bloqueiam grande parte da radiação solar, principalmente por causa de sua orientação em relação ao norte. O espaçamento entre edifícios que poderia auxiliar a passagem da luz, em decorrência da orientação do eixo da rua, gera sombras no entorno imediato.

### 3.2 – APLICAÇÃO DO ENVELOPE SOLAR

Com a aplicação da metodologia do envelope solar é possível quantificar o número de pavimentos em uma edificação sem que haja o sombreamento na quadra adjacente. Como parâmetro foi selecionado apenas o horário do meio dia do dia 21 de junho (solstício de inverno) para a comparação de como é o sombreamento e como seria se o planejamento urbano adotasse o envelope solar, para neste caso, auxiliar a incidência solar na quadra impactada.

A latitude de Curitiba é 25,5° Sul aproximadamente, havendo um diferença de 2° graus para o trópico de capricórnio, onde o sol incide ao meio dia do solstício de verão da posição

zenital. Considerando a diferença de latitude pra o trópico, a altura solar máxima em Curitiba no verão é de 88°. Durante o solstício de inverno, entretanto, a altura solar ao meio dia equivale a 41° em Curitiba Sendo assim, foi medida a distância entre a quadra impactada e o edifício impactante para calcular a tangente do ângulo de 41°, conforme o esquema abaixo (Figura 28). O triângulo é posicionado a partir da altura do muro considerada de 2 metros pois, de acordo com a Secretaria de Urbanismo de Curitiba, o muro no recuo frontal deve possuir altura mínima de 1,80 m a 2,20, sendo adotada para o estudo a média de 2 metros.

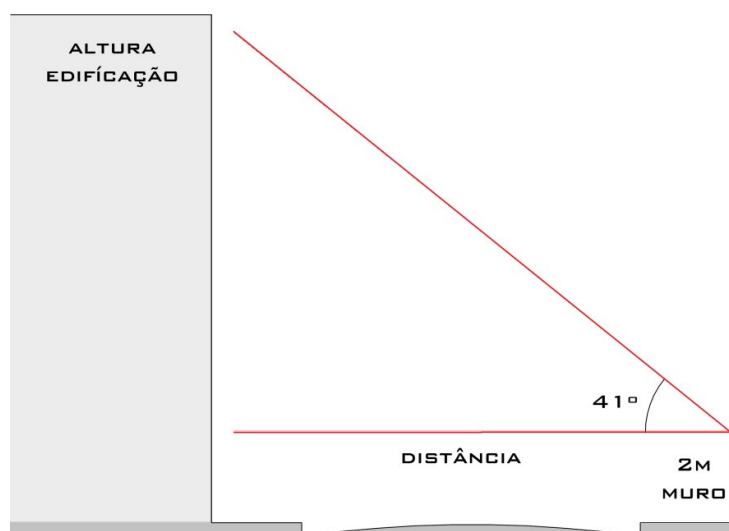


FIGURA 28 – ESQUEMA ENVELOPE SOLAR  
 FONTE: A AUTORA, 2014

Portanto, para cálculo das alturas utilizou-se a seguinte fórmula:

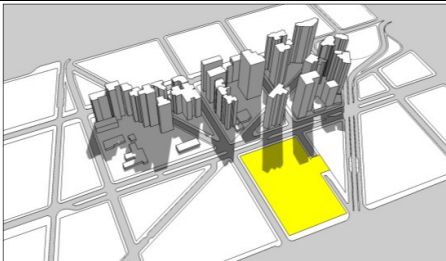
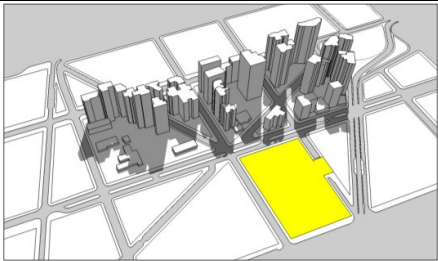
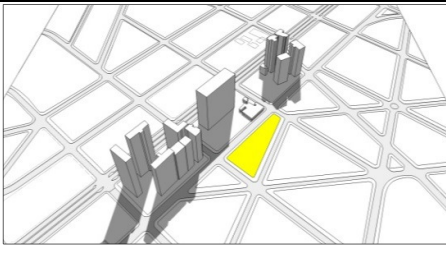
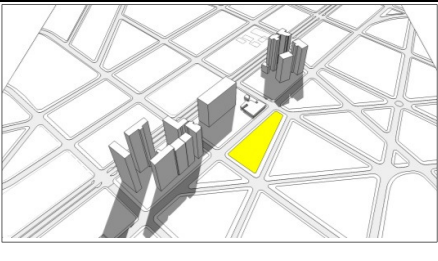
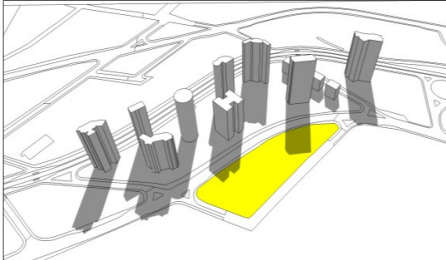
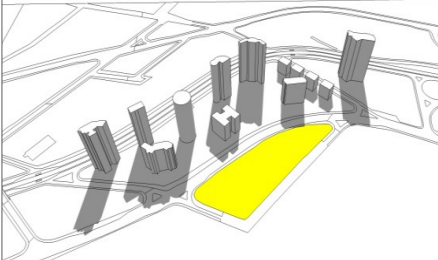
$$\mathbf{Tg\ 41^{\circ} \times\ distância = \frac{(y + 2)}{3}}$$

No qual o valor da tangente de 41° equivale a 0,8692. O y é resultante da multiplicação da tangente com a distância somado ao 2 (equivalente a altura do muro – altura média prevista pela legislação de Curitiba). Por final dividido por 3 que é a altura padrão adotada para saber a quantidade máxima de pavimentos.

#### 4. ANÁLISE DE RESULTADOS

A análise comparativa dos resultados do sombreamento existente e com a aplicação do envelope solar pode ser visualizada na tabela com imagens abaixo. Para o horário de meio dia do dia 21 de junho (solstício de inverno), houve a anulação das sombras nas áreas I e III e, na área II, onde não havia bloqueio ao meio dia, foi possível constatar que pela diminuição de 21 metros de acordo com o envelope solar, a quadra impactada obteve uma parcela extra de sol.

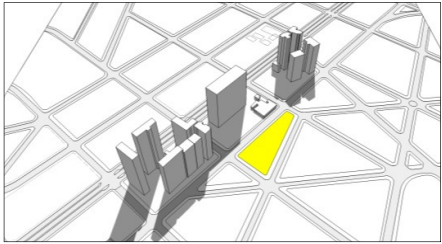
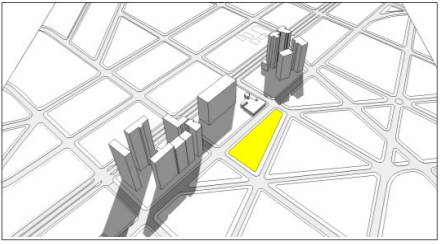

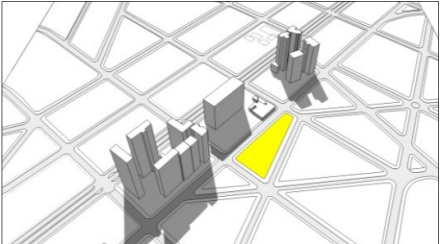
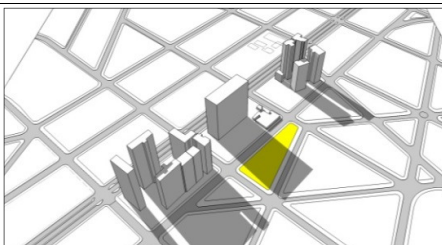
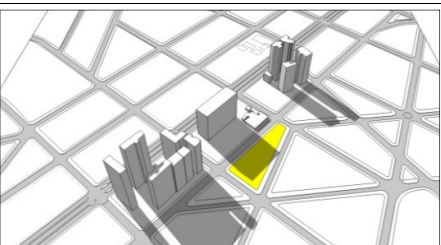
QUADRO 6 – COMPARATIVO SOMBREAMENTOS AO MEIO DIA 21/06

	<b>SEM ENVELOPE SOLAR</b>	<b>COM APLICAÇÃO DO ENVELOPE SOLAR</b>
<b>ÁREA I</b> BATEL / ÁGUA VERDE		
<b>ÁREA II</b> ALTO DA GLÓRIA / JUVEVÊ		
<b>ÁREA III</b> MOSSUNGUÊ		

FONTE: A AUTORA, 2014

Para a área II onde houve ganho no total de horas de sol:

QUADRO 7 – COMPARATIVO SOMBREAMENTOS ÁREA II

	<b>SEM ENVELOPE SOLAR</b>	<b>COM APLICAÇÃO DO ENVELOPE SOLAR</b>
<b>12:00</b>		
<b>13:00</b>		
<b>14:00</b>		

FONTE: A AUTORA, 2014

Através da análise com os programas computacionais, foi possível montar um comparativo das áreas (Quadro 8) com a porcentagem sombreada da quadra hoje, sem o uso do envelope solar e, de quanto o sombreamento haveria caso a metodologia do envelope fosse aplicada no planejamento urbano.

QUADRO 8 – COMPARATIVO DE SOMBREAMENTOS DAS ÁREAS SEM E COM O ENVELOPE SOLAR

HORA	ÁREA I		ÁREA II		ÁREA III	
	SEM ENVELOPE SOLAR	COM ENVELOPE SOLAR	SEM ENVELOPE SOLAR	COM ENVELOPE SOLAR	SEM ENVELOPE SOLAR	COM ENVELOPE SOLAR
8:00	-	-	-	-	-	-
9:00	6%	2%	-	-	14%	13%
10:00	13%	-	-	-	18%	6%
11:00	17%	-	-	-	12%	-
12:00	15%	-	-	-	18%	-
13:00	12%	-	9%	-	23%	1%
14:00	16%	4%	42%	14%	30%	7%
15:00	14%	8%	61%	48%	53%	32%
16:00	30%	30%	52%	52%	62%	54%
17:00	72%	72%	55%	55%	71%	66%
% TOTAL DE SOMBRA	100%	59%	100%	77%	100%	59%

FONTE: A AUTORA, 2014

Portanto, para a obtenção destes resultados, as alturas das edificações precisariam ser alteradas para cada área de acordo com o comparativo abaixo:



FIGURA 29 – ÁREA I – ÁGUA VERDE – PLANTA DOS EDIFÍCIOS NUMERADOS  
 FONTE: A AUTORA, 2014

QUADRO 9 – COMPARATIVO DE PAVIMENTOS DAS ÁREAS SEM E COM O ENVELOPE SOLAR

EDIFÍCIO	PAVIMENTOS SEM ENVELOPE SOLAR	ALTURA SEM ENVELOPE SOLAR	PAVIMENTOS COM ENVELOPE SOLAR	ALTURA COM ENVELOPE SOLAR
17	21 pavimentos	63 m	15 pavimentos	45 m
31	24 pavimentos	72 m	8 pavimentos	24 m
32	26 pavimentos	78 m	10 pavimentos	30 m

FONTE: A AUTORA, 2014



FIGURA 30 – ÁREA II – ALTO DA GLÓRIA JUVEVÊ – PLANTA DOS EDIFÍCIOS NUMERADOS

FONTE: A AUTORA, 2014

QUADRO 10 – COMPARATIVO DE PAVIMENTOS DAS ÁREAS SEM E COM O ENVELOPE SOLAR

<b>Edifício</b>	<b>Pavimentos sem envelope solar</b>	<b>Altura sem envelope solar</b>	<b>Pavimentos com envelope solar</b>	<b>Altura com envelope solar</b>
03	18 pavimentos	54 m	17 pavimentos	51 m
04	18 pavimentos	54 m	14 pavimentos	42 m
05	19 pavimentos	57 m	10 pavimentos	30 m
06	17 pavimentos	51 m	16 pavimentos	48 m
08	23 pavimentos	69 m	16 pavimentos	48 m

FONTE: A AUTORA, 2014



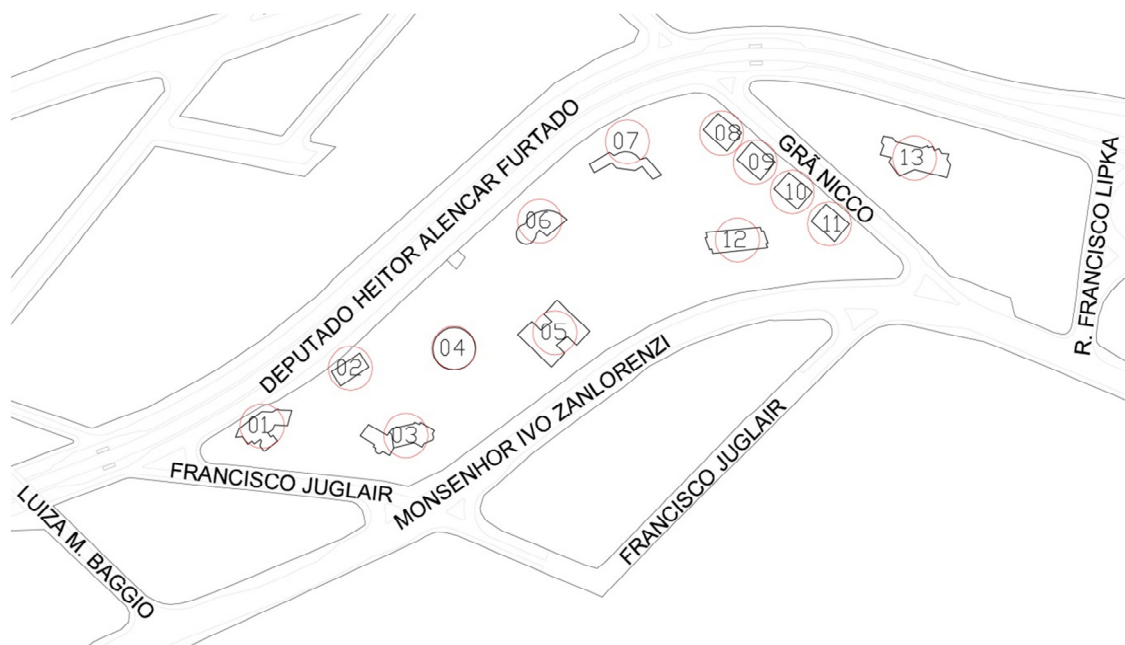


FIGURA 31 – ÁREA III – MOSSUNGUÊ – PLANTA DOS EDIFÍCIOS NUMERADOS  
 FONTE: A AUTORA, 2014

QUADRO 11 – COMPARATIVO DE PAVIMENTOS DAS ÁREAS SEM E COM O ENVELOPE SOLAR

Edifício	Pavimentos sem envelope solar	Altura sem envelope solar	Pavimentos com envelope solar	Altura com envelope solar
03	18 pavimentos	54 m	13 pavimentos	39 m
04	24 pavimentos	72 m	17 pavimentos	51 m
05	18 pavimentos	54 m	9 pavimentos	27 m
12	25 pavimentos	75 m	12 pavimentos	36 m

FONTE: A AUTORA, 2014

Por fim, foi possível calcular o total do sombreamento nas quadras durante o dia, considerando que o total de sombras hoje é de 100%, em todas as áreas haveria um decréscimo da sombra de pelo menos 41% das 8 horas da manhã às 17 horas. Para a área I, identificada como uma área consolidada possui o decréscimo de 41%. Entretanto, mesmo para a área III considerada uma área com um espaçamento entre edificações previsto no zoneamento, o envelope solar apresenta uma redução de também 41%, comprovando que o

conceito desta metodologia é válido e aplicável inclusive para estas áreas provendo um melhor acesso solar às quadras adjacentes.

## 5. CONCLUSÃO

O problema de pesquisa e o objetivo geral deste estudo foram alcançados pela realização da indentificação das áreas e volumetria das edificações bem como sua orientação solar para a montagem de uma maquete eletrônica de simulação de sombras para o solstício de inverno em Curitiba. Foi constatado que o alto adensamento induzido pelo planejamento urbano acaba ocasionando um perda na qualidade ambiental, com presença de sombras durante o período frio do ano.

Através da metodologia do envelope solar, é possível constatar que há um aumento na quantidade de horas de incidência solar sobre as quadras adjacentes ao eixo estrutural. Tal conceito poderia ser considerado como pré-requisito para o planejamento urbano climaticamente orientado. Para os eixos estruturais de Curitiba, o sistema trinário poderia ser revisto sendo que as edificações com frente do lote à via central poderiam ter uma quantidade de pavimentos maior mas com limitações de altura, respeitando sempre um afastamento adequado para a passagem de sol bem como para a circulação de ar, enquanto os lotes com a testada para as vias laterais, bairro-centro e centro-bairro deveriam possuir uma atenção maior em relação às alturas em decorrência da proximidade às quadras adjacentes, aplicando-se o envelope solar sem exceções. Como comprovado através do envelope solar, o acesso solar às quadras adjacentes possui um aumento inclusive em áreas planejadas com afastamento entre as edificações, como no caso da área III. É importante destacar que para os cálculos com o envelope solar foi considerado minimizar o impacto do sombreamento apenas nas quadras analisadas em questão, sendo necessário para a aplicação como uma ferramenta no plano diretor uma análise mais detalhada levando em conta todas as quadras adjacentes.

A análise do sombreamento também pode ser utilizado como uma metodologia para o auxílio de arquitetos no desenvolvimento de projetos nas quadras impactadas pois, através dele, é possível delimitar quais áreas das quadras são mais sombreadas e basear seu projeto para obter mais sol durante o período frio. Entretanto, esta análise somente terá verdadeira eficácia caso não haja a possibilidade de nova construção de prédios que possam futuramente obstruir o sol. Não obstante, a análise do sombreamento influencia também na análise das

quadras que possam ser impactadas pelo sombreamento no aspecto da possibilidade de utilização de sistemas alternativos de energia e aquecimento como os fotovoltaicos.

Neste estudo foi apresentada uma parcela do que poderia representar o uso do envelope no urbanismo. Para estudos futuros, seria interessante a análise de toda área de impacto próxima ao eixo, provendo um maior embasamento à utilização do envelope solar no planejamento assim como assegurando desta forma o direito ao sol de cada um.

## 6. REFERÊNCIAS

- ASHRAE. **Handbook of Fundamentals**. American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers. Nova York, 1993
- ASSIS, Eleonora S. **Impactos da forma urbana na mudança climática: método para previsão do comportamento térmico e melhoria de desempenho do ambiente urbano**. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. São Paulo. 2000.
- BACON, M. **Ernest Flag: Beaux-Arts Architect and Urban Reformer**. Cambridge: MIT Press. 1986. Disponível em: <<http://www.jstor.org/discover/10.2307/990286?uid=2&uid=4&sid=21103820139947>> Acesso em 17/02/2014
- ROMERO, M. A. B. **Arquitetura bioclimática do espaço público**. Brasília: UNB. 2001.
- CAMPOS, R. F. **Análise da influência da orientação da testada dos lotes na ocupação do setor estrutural de Curitiba**. 2005. Disponível em: <<http://www.ppgcc.ufpr.br/dissertacoes/d0062.pdf>> Acesso em 19/02/2014
- CAPELUTO, I. G.; YEZIORO, A.; SHAVIV, E. Climatic aspects in urban design – a case study. In: Building and Environment. Elsevier. V.38. 2003.
- COSTA, C. T. **O sonho e a técnica: a arquitetura de ferro no Brasil**. São Paulo: EdUSP, 1994
- DANNI-OLIVEIRA, I. M. **considerações sobre a poluição do ar em curitiba-pr face a seus aspectos de urbanização**. P.106. UFPR, R.Ra'ega, 2000
- DIAS, L. A. M. **Aço e arquitetura: Estudo de Edificações no Brasil**. São Paulo. Zigurate, 2001
- FARTHING, S. Tudo sobre arte – Os movimentos e as obras mais importantes de todos os tempos. Rio de Janeiro. Sextante, 2011. 220-229 p.
- FENSKE, G. The “Skyscraper Problem” and the City Beautiful: The Woolworth Building. Doctoral dissertation, Massachusetts Institute of Technology. 1988. Disponível em<<http://dspace.mit.edu/handle/1721.1/14037>> Acesso em: 20/02/2014
- FRAMPTON, K. **História Crítica da Arquitetura Moderna**. São Paulo. Martins Fontes, 1997.
- FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. **Manual de conforto térmico**. 3ed. São Paulo. Nobel, 1999
- GRAZZIOTIN, P. C.; FREITAS, C. M. D. S.; TURKIENICZ, B.; PEREIRA, F. O. R. **Visualization Techniques in a Building Potential Simulator Using Sunlight Access Control**. 2002. Disponível em: <[http://www.researchgate.net/publication/229009861\\_Visualization\\_Techniques\\_in\\_a\\_Building\\_Potential\\_Simulator\\_Using\\_Sunlight\\_Access\\_Control](http://www.researchgate.net/publication/229009861_Visualization_Techniques_in_a_Building_Potential_Simulator_Using_Sunlight_Access_Control)> Acesso em: 21/02/2014

GOLDBERGER, P. **The Skyscraper**. Nova York: Alfred A. Knopf Incorporated, 1981

GOULARTS, S. V. G.; LAMBERTS, R.; FIRMINO, S. **Dados climáticos para o projeto e avaliação energética de edificações para 14 cidades brasileiras**. 2.ed. Florianópolis: Núcleo de Pesquisa em Construção/ufsc, 1998. Disponível em: <[http://www.labee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/livros/dados\\_climaticos\\_para\\_projeto\\_s\\_e\\_avaliacao\\_energetica\\_de\\_edificacoes\\_para\\_14\\_cidades\\_brasileiras.pdf](http://www.labee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/livros/dados_climaticos_para_projeto_s_e_avaliacao_energetica_de_edificacoes_para_14_cidades_brasileiras.pdf)> Acesso em: 01/03/2014

IPPUC - INSTITUTO DE PESQUISA E PLANEJAMENTO URBANO DE CURITIBA. **História do planejamento de Curitiba**. Disponível em: <<http://www.ippuc.org.br/default.php>>. Acesso em 17/01/2014

\_\_\_\_\_. **Curitiba em dados**. Curitiba: 1996. 247 p.

\_\_\_\_\_. **Análise, diagnóstico e diretrizes do Plano Municipal de Desenvolvimento Urbano – PMDU**. Curitiba, 1985.

\_\_\_\_\_. **RIT – Rede Integrada de Transportes**. Mapa. 2003 Disponível em: <<http://www.ippuc.org.br/default.php>> Acesso em: 12/03/2014

\_\_\_\_\_. **Mapa digital de arruamento**. DWG Mapa. 1999 Disponível em: <<http://ippuc.org.br/geodownloads/geo.htm>> Acesso em: 12/03/2014

KNOWLES, R. L.; BERRY, R. D. **Solar envelope concepts: moderate density building applications**. Golden, Colorado, Solar Energy Research Institute.1980.

LYNCH, K. **The image of the city**. Harvard U.P. Oxford. 1960. Disponível em: <<http://italianstudies.nd.edu/assets/68866/lynch.pdf>> Acesso em: 25/02/2014

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência energética na arquitetura**. São Paulo: PW. 1997. Disponível em: <<http://www.labee.ufsc.br/publicacoes/livros>> Acessado em: 09/03/2014

LECHNER, N. **Heating, Cooling, Lighting** – Design Methods for Architects. John Wiley & Sons, Estados Unidos, 1990. 523 p.

MASCARÓ, L. R. Adensamento e ambiência urbana na cidade de Porto Alegre. In:NUTAU 1996: Seminário Internacional, 1996, São Paulo. 1996. 427-441 p.

OKE, T. R. **Boundary Layer Climates**. Methuen, 1978. Disponível em: <[http://curry.eas.gatech.edu/Courses/6140/ency/Chapter9/Ency\\_Atmos/BLSurfaceLayer.pdf](http://curry.eas.gatech.edu/Courses/6140/ency/Chapter9/Ency_Atmos/BLSurfaceLayer.pdf)> Acesso em: 20/02/2014

PÉREZ, D. FÁVERO, E. **O envelope solar como instrumento de regulamentação do direito de acesso ao Sol: estudo de casos na cidade de Campinas SP, Brasil**. UNICAMP. 2007. Disponível em: <[http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Arquitetural/Ilumina%E7%E3o%20Natural/Pesquisa/o%20envelope\\_solar\\_e\\_o%20ireito\\_ao\\_sol.pdf](http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Arquitetural/Ilumina%E7%E3o%20Natural/Pesquisa/o%20envelope_solar_e_o%20ireito_ao_sol.pdf)> Acesso em: 19/02/2014

PMC – PREFEITURA MUNICIPAL DE CURITIBA. **Lei nº. 9.800.** Zoneamento, Uso e Ocupação do Solo no município de Curitiba de de 03 de janeiro de 2000. Disponível em: <<http://www.curitiba.pr.gov.br/conteudo/legislacao-zoneamento-smu/220>> Acesso em: 14/03/2014

SCHMID, A. L. Daylighting and insolation in high density urban zones: how simulation supported a new law in Curitiba. In: BUILDING SIMULATION, 7.,2001, Rio de Janeiro. Disponível em: <[http://www.ibpsa.org/proceedings/BS2001/BS01\\_1093\\_1100.pdf](http://www.ibpsa.org/proceedings/BS2001/BS01_1093_1100.pdf)> Acesso em:10/03/2014

SUGA, M. **Avaliação do potencial de aproveitamento de luz natural em cânions urbanos:** Estudo realizado nos eixos estruturais de Curitiba. Disponível em: <[http://files.dirppg.ct.utfpr.edu.br/ppgte/dissertacoes/2005/ppgte\\_dissertacao\\_177\\_2005.pdf](http://files.dirppg.ct.utfpr.edu.br/ppgte/dissertacoes/2005/ppgte_dissertacao_177_2005.pdf)> Acesso em: 12/11/2013

TREMARIN, A. R. Análise do processo de ocupação e verticalização dos setores estruturais Norte e Sul de Curitiba, 2001. 181 f. Dissertação. Universidade Federal do Paraná.

UNFPA – Fundo De População Das Nações Unidas. **Situação da População Mundial 2007:** desencadeando o potencial do crescimento urbano. Disponível em: <<http://www.unfpa.org.br/Arquivos/swop2007.pdf>>. Acesso em 26/03/14.

WEISS, M. A. **Skyscraper Zoning** New York's Pioneering role. APA Journal, p. 201-2012, 1992. Disponível em: <[http://www.pragueinstitute.org/Skyscraper\\_Zoning.pdf](http://www.pragueinstitute.org/Skyscraper_Zoning.pdf)> . Acesso em: 17/01/2014.