# O ENVELOPE SOLAR COMO CRITÉRIO PARA ADENSAMENTO E VERTICALIZAÇÃO NO PLANEJAMENTO URBANO[1]

Solar envelope as criteria for density and verticalization in urban planning

**CASTRO PEREZ, Denis Roberto**
Unicamp

**FAVERO, Edison**
Unicamp

**Resumo:** Em geral, as nossas cidades continuam crescendo desordenadamente, com os bairros ao redor dos seus centros pressionados para mudanças de uso e ocupação do solo, sendo verticalizados e adensados sem planejamento adequado, comprometendo o acesso das edificações ao sol e à luz natural. Este trabalho propõe a aplicação do envelope solar como subsídio para determinação de formas regulatórias de adensamento e verticalização, e tem por finalidade verificar o potencial deste dispositivo como possível critério de diretrizes solares para o ambiente urbano, aplicadas no controle da ocupação do solo, compactação de bairros, ocupação de vazios urbanos, das periferias, das novas centralidades e das pequenas cidades. Foram gerados os envelopes solares em terrenos de diversos tamanhos e orientações com frente para ruas com larguras diferentes. Adotou-se o software Rhinoceros com os aplicativos Grasshopper e Diva para a geração dos envelopes solares. Foram analisados seus potenciais construtivos, e pelos resultados obtidos, verificou-se que, pode-se garantir aos lotes e edificações o acesso ao sol. Conclui-se que o uso do envelope solar, como alternativa de estratégia para o desenvolvimento de projetos para o parcelamento urbano e para edificações, serve para recomendar diretrizes solares para o planejamento urbano.
**Palavras-chaves:** envelope solar, adensamento, verticalização.

**Abstract:** In general, our cities continue to grow wildly, with the neighborhoods around their centers pressured to use changes and land use, being upright and dense without proper planning, committing the access of the buildings to the sun and natural light. This work proposes the application of solar envelope as input for determination of regulatory forms of consolidation and vertical integration, and aims to verify the potential of this device as possible criterion of solar guidelines for the urban environment, applied to the control of land use, compression neighborhoods, occupation of urban voids, the suburbs, the new centers and small towns. Solar envelopes were generated on land of various sizes and orientations facing streets with different widths. We adopted the Rhinoceros software with Grasshopper and Diva applications for the generation of solar envelopes. Its constructive potentials were analyzed, and for the results obtained, it was found that it is possible to ensure the lots and buildings access to the sun. It is concluded that the use of solar envelope, as a strategy alternative for the development of

[1] Tese indicada pela UNICAMP para concorrer ao prêmio Capes de Teses 2014, na área de Arquitetura e Urbanismo.

projects for the urban subdivision and for buildings, serves to recommend solar guidelines for urban planning.
**Key-words:** solar envelope, density, verticalization.

## 1. INTRODUÇÃO

O Estatuto da Cidade – Lei Federal 10.257/2001 – estabelece diretrizes gerais da política urbana, dando suporte jurídico às estratégias e aos processos de planejamento urbano, utilizado como um dos instrumentos urbanísticos a fim de promover o desenvolvimento e a ocupação do solo urbano. Mesmo com esta lei em plena vigor, Assis (2007) afirma que "o modelo de urbanização brasileiro tem se caracterizado pelo crescimento desordenado, grande desigualdade de acesso à infraestrutura e equipamentos urbanos, associada à situação socioeconômica da população, resultando na fragmentação espacial e exclusão social, bem como na perda de qualidade do ambiente urbano". Para Medrano (2012) o aumento da densidade habitacional poderia ser uma estratégia adequada a esses bairros, com vistas aos benefícios de uma cidade mais compacta, diversificada e interconectada.

As legislações urbanas continuam tratando as questões relativas ao bioclimatismo urbano de forma simplória e genérica, não associando os aspectos ambientais com as variáveis do ambiente urbano, o que compromete o acesso das edificações ao Sol e à luz natural. Estas leis são semelhantes no tocante à insolação e aos parâmetros urbanísticos de recuos, afastamentos, altura de edifícios, taxas de ocupação e coeficientes de aproveitamento sem consistência científica. Certamente o estabelecimento destes índices não foi feito com base nas condições climáticas de cada local, havendo grande discrepância na aplicação da legislação nos diversos municípios do país, o que provoca dois exageros: excessiva verticalização nas áreas centrais e excessiva horizontalização das periferias urbanas. "Esta verticalização, quando não contida por lei de zoneamento e gabaritos máximos, causa a saturação e o congestionamento dos serviços urbanos da área, exigindo a sua substituição por outros de maior capacidade" (Campos Filho, 2001).

Destarte, as grandes cidades apresentam um centro consolidado, muito verticalizado e com altas densidades, tendo ao seu redor bairros de características horizontais, os quais sofrem pressões para o adensamento e mudanças de uso. A propositura de densidades controladas do tipo cidade-jardim ou modelos urbanos com formas mais compactas podem ser a solução para o crescimento das cidades, assim, o adensamento e a verticalização podem ser bastante positivos para a construção de cidades mais sustentáveis, desde que o aproveitamento da infraestrutura existente seja adequado. Porém, os critérios que se adotam para desenvolver um modelo ou outro é que devem ser revistos.

### 1.1 Dispersão e compacidade, adensamento e verticalização

Com o crescimento demográfico, a ocupação do espaço acontece cada vez mais distante dos centros das cidades, de forma dispersa, avançando na área rural, com graves consequências para o meio ambiente. Criam-se bairros distantes, com toda infraestrutura e baixas densidades para a população de alta renda; ou sem infraestrutura e em áreas de risco para a população de baixa renda. As vias de circulação, projetadas para o carro, possibilitam a expansão urbana, o que gera uma estrutura fragmentada com vazios urbanos. Deste modo, “segue-se a lógica de espalhamento urbano de forma não planejada (ou planejada de forma incorreta) e incoerente com as novas discussões urbanas de sustentabilidade, densidade e diversidade” (Jessé e Bustos, 2011).

Quando a infraestrutura urbana está bem dimensionada, a cidade compacta e multifuncional permite a sua utilização com mais eficiência. Rogers e Gumuchdjian (2001) afirmam que “a cidade compacta é sustentável e promove a equidade, abrigando atividades diversas e que, ao mesmo tempo, se sobrepõem. As densidades urbanas servem como instrumento de apoio à formulação e decisão por parte de planejadores urbanos sobre a forma e extensão de uma determinada área da cidade”.

No passado, foi definido e usado um conjunto de indicadores para medir a densidade física (aspectos físico/espaciais, as características mensuráveis das áreas construídas). Estes indicadores tomam a forma de quocientes na qual o denominador é a área de terra onde a densidade está sendo medida, enquanto o

numerador pode ser de várias formas: casa, dormitórios, habitantes, área total disponível, área total construída (Pont e Haupt, 2009). Há quem defenda altas densidades para obter um sistema urbano eficiente com plena utilização das redes, e há quem defenda baixas densidades, com preferência por mais silêncio e tranquilidade. Optar por uma boa qualidade de vida implica a escolha de uma densidade. O tamanho do lote, o total da sua área que pode ser ocupada e a altura da construção a ser erguida em relação ao total da área a ser construída revelam as dimensões mais visíveis da densidade.

### 1.2 Índices reguladores do uso e ocupação do solo urbano

Os índices urbanísticos e as dimensões dos lotes são instrumentos normativos com que se definem os modelos de assentamento urbano em função da densidade populacional e edilícia desejável para determinada área ou região. A taxa de ocupação e o coeficiente de aproveitamento são dois instrumentos básicos para definir uma distribuição equitativa e funcional de densidades (edilícia e populacional) compatíveis com a infraestrutura e equipamentos de cada área considerada. Recuos e afastamentos devem garantir adequadas condições de aeração e iluminação para as edificações; para as ruas, salubridade pública; bem como “Direito ao Sol” para os cidadãos. O gabarito tem sido empregado, em regra, para designar a altura das edificações.

### 1.3 Acesso solar

O conceito de acesso solar pode ser definido pela variação da trajetória diária e sazonal do sol em sua relação com a terra. Lechner (1990) já pronunciava: “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”. É possível projetar para obter o acesso solar com muita exatidão, se os vizinhos estiverem suficientemente distantes, ou se houver limitações ao que pode ser construído, e, “já que a energia solar é uma fonte eterna e gratuita, torna-se necessário proteger o seu acesso” (Castro Perez e Fávero, 2009).

### 1.4 O envelope solar

O envelope solar (ES) é uma alternativa de estratégia para o desenvolvimento de projetos para edificações que possam receber uma boa insolação e iluminação natural; é definido por Knowles (2003) como “o maior volume que uma edificação pode ocupar no terreno de forma a permitir o acesso ao sol e luz natural da vizinhança imediata”. Configura um volume imaginário sobre o terreno dentro do qual o edifício deve ficar inserido para não projetar sombras indesejáveis sobre os vizinhos, e permite, assim, acesso ao sol e à iluminação natural. O tamanho e a forma do ES varia com o tamanho do local, a orientação e a latitude, o tempo de acesso solar desejado e a quantidade de sombra permitida em ruas e edifícios adjacentes.

O ES pode ser gerado pelo processo de aplicação dos ângulos de altura solar nos cantos das divisas do lote ou área, determinando o volume do envelope pelo cruzamento diagonal dos ângulos sobre o terreno.

## 2. OBJETIVO

O objetivo deste artigo é a aplicação do envelope solar como subsídio de determinação de formas regulatórias de adensamento e verticalização nos processos de projeto do parcelamento do solo urbano e do edifício com garantias de direito de aceso ao sol.

## 3. METODOLOGIA

Este estudo foi desenvolvido na cidade de Campinas, no Estado de São Paulo, com a finalidade de verificar a aplicação do ES nos processos de projeto como instrumento de regulamentação nas legislações urbanísticas e edilícias, com garantias de direito de acesso ao sol e de fixação, com base em critérios solares, de diretrizes para obtenção do potencial construtivo máximo nas áreas urbanas, para criar condições de adensamento urbano e verticalização. Em ambiente 3D Rhinoceros foram levantados os terrenos e suas edificações num quarteirão do bairro da Nova Campinas, com a utilização dos aplicativos Grasshopper e DIVA

foram gerados os ESs, e com o uso do Excel foram anotados os cálculos de áreas resultantes (figura 1).

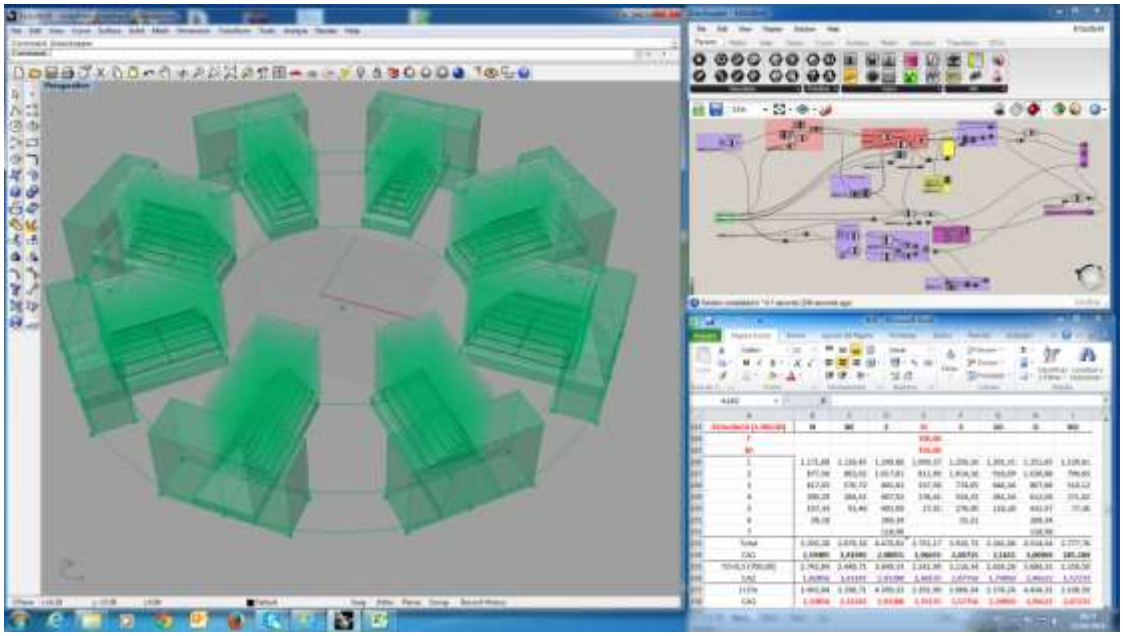


**Figura 1:** Vista da tela: ambiente Rhinoceros com Grasshopper/DIVA e Excel.

O tempo de acesso solar, importante para este trabalho (pois dependendo do número de horas, o tamanho do ES muda), foi adotado para quatro horas, ou seja, das 10h00 às 14h00 no dia do solstício de inverno, por ser este tempo, considerado suficiente para uma boa insolação dos compartimentos, para o aquecimento de água e para a conversão de energia.

### 3.1 Descrição da área de estudo. Quarteirão 708

No bairro da Nova Campinas, que se encontra nas imediações do centro da cidade e sofre pressões para a mudança de uso do solo com adensamento e verticalização, foi escolhido o quarteirão 708 tendo por critério a sua orientação, vizinhança, localização e topografia. A orientação dos lotes e a mudança de uso (de residencial para comercial) foi determinante na melhor geração de ESs para análises satisfatórias no trabalho.

O quarteirão é delimitado pelas ruas: Rua Ângelo José Vicente ao norte, Rua Dr. José Ferreira de Camargo ao leste e Rua Arthur Bernardes ao sul (Figuras 2 e 3). Os lotes, em geral, têm áreas de 525,00 m². Conforme a atual Lei

de Uso e Ocupação do Solo (LUOS) que estabelece uma taxa de ocupação de 0,5 e um coeficiente de aproveitamento de 1,0, o quarteirão apresenta atualmente taxas médias de ocupação de 0,3 com coeficiente de aproveitamento de 0,41 (Tabela 1); baixas densidades, sendo a construtiva de 4.103,62 m²/ha e a populacional de 68,38 hab/ha.



**Figura 2:** Foto aérea do quarteirão

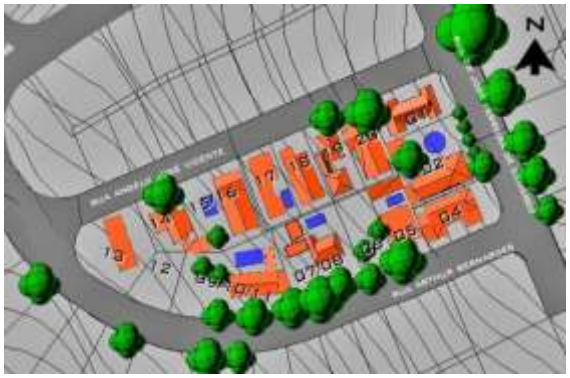



**Figura 3:** Implantação: lotes e edificações

O levantamento de dados foi feito junto à Secretaria Municipal de Planejamento e Desenvolvimento Urbano, por meio do Cadastro Municipal, que forneceu as medidas e áreas dos lotes, áreas de construção das edificações e número de pavimentos, dados complementados por cálculos de áreas ocupadas, livres e respectivas taxas de ocupação e coeficiente de aproveitamento, que geraram a tabela 1 (Parâmetros Urbanísticos).

**Tabela 1:** Parâmetros urbanísticos

| | TERRENO | | CONSTRUÇÃO (m²) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Lote | Testada (ml) | Área (m²) | n° pav. | Ocupada | Total | Livre | TO | CA |
| L 01 | 23,42+35,00 | 692,00 | 2 | 298,60 | 368,60 | 393,40 | 0,43150 | 0,53265 |
| L 02 | 30,00 | 1.050,00 | 1 | 233,00 | 233,00 | 817,00 | 0,22190 | 0,22190 |
| L 04 | 23,42+29,00 | 692,00 | 2 | 315,40 | 459,40 | 376,60 | 0,45578 | 0,66387 |
| L 05 | 15,00 | 525,00 | 2 | 230,00 | 269,60 | 295,00 | 0,43809 | 0,51352 |
| L 06 | 15,00 | 525,00 | | - | - | 525,00 | - | - |
| L 07/08 | 32,00 | 1.152,00 | 2 | 352,00 | 507,50 | 800,00 | 0,30555 | 0,44053 |
| L 09/10/11 | 54,00 | 1.382,00 | 2 | 250,30 | 460,20 | 1.131,70 | 0,18111 | 0,33299 |
| L 12 | 20,00 | 421,00 | | - | - | 421,00 | - | - |
| L 13 | 24,64+42,30 | 845,00 | 3 | 230,00 | 497,00 | 615,00 | 0,27218 | 0,58816 |
| L 14 | 19,00 | 515,00 | 1 | 244,00 | 244,00 | 271,00 | 0,47378 | 0,47378 |
| L 15/16 | 31,00 | 1.069,00 | 2 | 198,65 | 424,35 | 870,35 | 0,18582 | 0,39695 |
| L 17 | 15,00 | 525,00 | 2 | 189,15 | 303,00 | 335,85 | 0,36028 | 0,57714 |
| L 18 | 15,00 | 525,00 | 1 | 213,50 | 213,50 | 311,50 | 0,40666 | 0,40666 |
| L 19 | 15,00 | 525,00 | 1 | 210,00 | 210,00 | 315,00 | 0,40000 | 0,40000 |
| L 20 | 15,00 | 525,00 | 1 | 310,70 | 310,70 | 214,30 | 0,59180 | 0,59180 |
| Totais | | 10.748,53 | | 3.275,30 | 4.500,85 | 7.692,70 | 0,30472 | 0,41874 |
| Permitido | pela LUOS | | | 5.374,26 | 10.748,53 | 5.374,26 | 0,5 | 1,0 |

### 3.2 Geração dos ESs

Os ESs foram gerados para o horário das 10h00 às 14h00, sobre cada lote, incluindo a rua, para análise de implantação das edificações existentes (Figura 4) e com sombras às 10h00 (Figura 5). Observa-se pelas cores mais claras dos telhados, que algumas edificações extrapolam os limites dos ESs, como melhor visto no destaque em 3D, na figura 4; e há sombreamento entre as mesmas, por conta da orientação dos lotes e do formato: frentes menores do que as laterais, relevo do terreno e inadequada implantação e altura das edificações; da mesma forma, algumas árvores sombreiam as edificações, quintais e piscinas como mostra a figura 5.

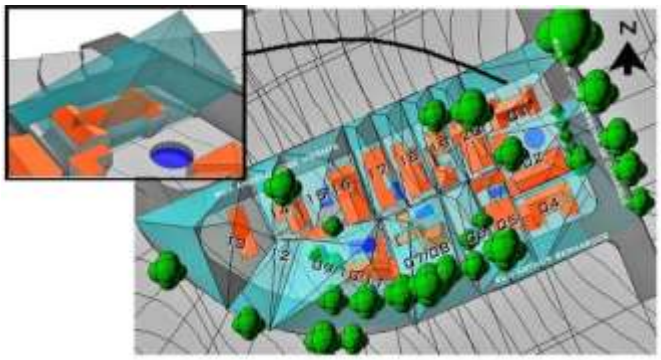



Figura 4: ESs gerados sobre os lotes

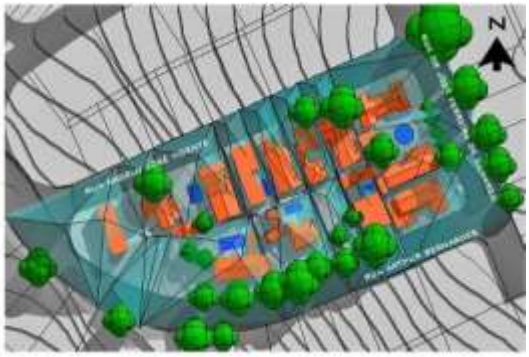



**Figura 5:** ESs com sombras às 10h00

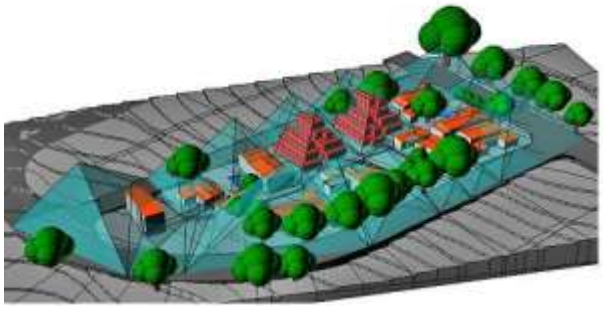
## 4. SUGESTÕES DE ADENSAMENTO E VERTICALIZAÇÃO

Para a proposta de adensamento e verticalização foram apresentadas duas sugestões, contemplando os quatro lotes cujos usos foram modificados, de residencial para comercial, foram gerados dois ESs, um sobre cada dois lotes, mas, considerando uma edificação para cada lote isoladamente, e depois, a geração de um ES sobre os quatro lotes anexados, também, no período das 10h00 às 14h00. Foram confeccionadas tabelas comparativas de parâmetros urbanísticos e de densidades com os resultados obtidos das simulações para análise do potencial construtivo resultante da geração dos ESs.

### 4.1. Adensamento e verticalização. Sugestão 1

As edificações sobre os lotes 17, 18, 19 e 20 estão com seus usos modificados, de residencial para comercial. No uso residencial deve ser

contemplada a insolação no interior dos compartimentos; já no uso comercial nem sempre o sol é desejado; assim, na sugestão 1, com a opção por gerar um ES sobre cada dois lotes, foi reservando um espaço para aeração entre as suas edificações, o que resultou em nova volumetria para as edificações (Figura 6); e apuradas as sombras às 10h00 (Figura 7).



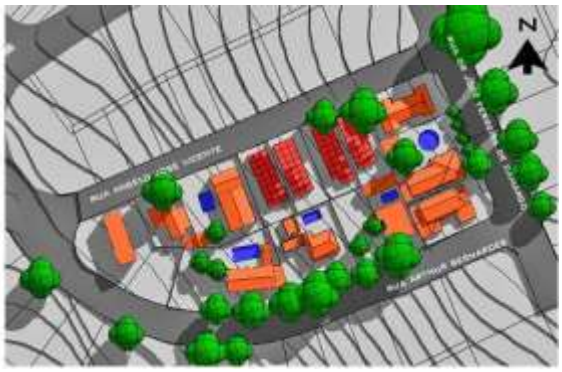



**Figura 6:** Vista 3D com ESs e edificações resultantes **Figura 7:** Edificações com sombras às 10h

Verifica-se que, nos quatro lotes, mesmo sendo de dimensões iguais, exibem volumes diferentes devido à orientação e à topografia, e aumentam as taxas de ocupação, os coeficientes de aproveitamento e as alturas das edificações, como mostrado na Tabela 2, em vermelho.

**Tabela 2:** Parâmetros urbanísticos. Sugestão 1

| TERRENO | | | CONSTRUÇÃO (m²) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| lote | Área (m²) | n° pav. | Ocupada | Total | Livre | TO | CA |
| L 17 | 525,00 | 2 | 189,15 | 303,00 | 335,85 | 0,36028 | 0,57714 |
| | | **3** | **216,00** | **396,00** | **309,00** | **0,41142** | **0,75428** |
| L 18 | 525,00 | 1 | 213,50 | 213,50 | 311,50 | 0,40666 | 0,40666 |
| | | **4** | **216,00** | **576,00** | **309,00** | **0,41142** | **1,09714** |
| L 19 | 525,00 | 1 | 210,00 | 210,00 | 315,00 | 0,40000 | 0,40000 |
| | | **3** | **234,00** | **423,00** | **291,00** | **0,44571** | **0,80571** |
| L 20 | 525,00 | 1 | 310,70 | 310,70 | 214,30 | 0,59180 | 0,59180 |
| | | **4** | **216,00** | **594,00** | **216,00** | **0,41142** | **1,13142** |
| Totais | 10.968,00 | | 3.275,30 | 4.500,85 | 7.692,70 | 0,29862 | 0,41036 |
| | | | **3.233,95** | **5.452,65** | **7.641,05** | **0,29485** | **0,49714** |

Aumentam, também, as densidades para o quarteirão: densidade construtiva de 4.103,62 m²/ha para 4.971,41 m²/ha, densidade populacional[1] de

[1] A densidade populacional de uso residencial foi extraída do cálculo de 5 pessoas por residência, e a densidade populacional de uso comercial ou de prestação de serviços, do cálculo de 5 pessoas para cada 60,00

68,38 hab/ha para 82,84 hab/ha, e populacional comercial para 192,15 hab/ha. Os ESs permitem um potencial máximo de construção, sob cada um, que chega a ultrapassar o valor de 1,0 nos lotes 18 e 20, os quais estão topograficamente acima dos lotes 17 e 19. As alturas das edificações aumentam para 3 e 4 pavimentos.

### 4.2 Adensamento e verticalização. Sugestão 2

Para esta sugestão foi gerado um ES sobre os quatro lotes (Figura 8), e para a simulação dos aumentos de taxas de ocupação, coeficiente de aproveitamento, altura da edificação e densidades, foi introduzido dentro da volumetria do envelope solar, o que seria a nova edificação. Os estudos de sombreamento foram realizados às 10h00, conforme é mostrado na figura 9; as sombras da nova edificação não são lançadas sobre as edificações vizinhas.

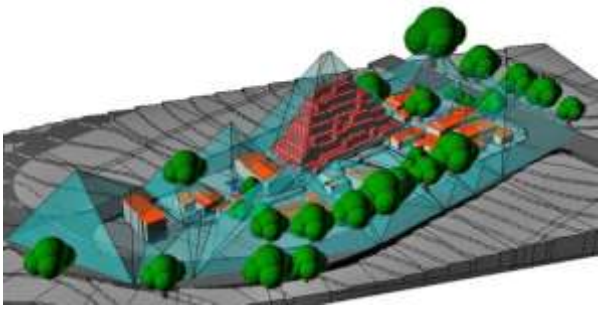


**Figura 8:** Vista 3D com ESs e edificação resultante

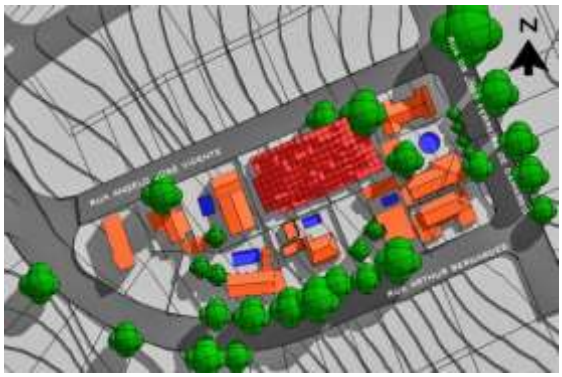



**Figura 9:** Edificação com sombras às 10h00

A tabela 3 mostra os novos índices, apresentando um CA de 2,15714 para o lote resultante dos 4 anexados, com novas densidades para todo o quarteirão: construtiva de 7.288,15 m²/ha, populacional residencial de 121,44 hab/ha, e densidade populacional comercial de 385,21 hab/ha. A altura da edificação vai para 9 pavimentos.

---

m² de área de uso comercial (módulo adotado pela LUOS para determinar o número de vagas nos estacionamentos).

**Tabela 3:** Parâmetros urbanísticos. Sugestão 2, das 10h00 às 14h00

| TERRENO | | | CONSTRUÇÃO (m²) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| lote | área (m²) | n° pav. | Ocupada | Total | Livre | TO | CA |
| **L17/18/19/20** | **2.100,00** | **9** | **1.413,00** | **4.530,00** | **687,00** | **0,67285** | **2,15714** |
| Totais | 10.968,00 | | 3.275,30 | 4.500,85 | 7.692,70 | 0,29862 | 0,41036 |
| | | | **3.764,95** | **7.993,65** | **7.203,05** | **0,34326** | **0,72881** |

## 4.3 Considerações gerais

A tabela 4 apresenta os novos índices (em vermelho) como resultado da aplicação do ES nos quatro lotes, com a indicação da variação das taxas de ocupação, coeficiente de aproveitamento e densidades para todo o quarteirão.

**Tabela 4:** Densidades para o quarteirão (das 10h00 às 14h00)

| Qt | Área (m²) | Ocupada (m²) | TO 0,5 | Total (m²) | CA 1,0 | d. const. (m²/ha) | pop. Res. (hab/ha) | pop. com. (hab/ha) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 708 | 10.968,00 | 3.275,30 | 0,29862 | 4.500,85 | 0,41036 | 4.103,62 | 68,38 | |
| **1** | | **3.233,95** | **0,29485** | **5.452,65** | **0,49714** | **4.971,41** | **82,84** | **192,15** |
| **2** | | **3.764,95** | **0,34326** | **7.993,65** | **0,72881** | **7.288,15** | **121,44** | **385,21** |

Verifica-se que, com a mudança do uso do solo e a adoção da geração de um ES sobre um conjunto de lotes anexados: 17, 18, 19 e 20, há um aumento nas taxas de ocupação do solo em relação às existentes por lotes isolados; um aumento no coeficiente de aproveitamento, na altura da edificação que chega a 9 pavimentos e nas densidades do quarteirão.

Na situação existente, pelas análises efetuadas com a colocação dos ESs sobre cada lote, constata-se que, no projeto original, não foram contempladas diretrizes climáticas, não foi dada a devida importância à insolação; também não houve preocupação com a orientação dos lotes, ou com seu relevo e implantação das edificações no lote.

## 5. OUTRAS SIMULAÇÕES

Para complementar este estudo, foram realizadas simulações em lotes considerados comuns, que se encontra em qualquer bairro de Campinas, e de outras cidades, onde a Latitude seja a mesma, 23°S. Os lotes foram colocados nas oito orientações básicas. O ES foi gerado sobre cada lote, incluindo a rua e a 3m sobre o nível desta, ou seja, excluindo o térreo, pensando na possibilidade de não haver uso residencial no térreo.

As sombras vão atingir os vizinhos, apenas no seu térreo. No caso das edificações vizinhas serem residências térreas ou assobradas, o ES deve ser considerado desde o nível do térreo.

Cortado o ES a cada 3,00m de altura, são definidos o número de pavimentos possíveis e respectivas áreas. O aplicativo Grasshopper com Diva fornece automaticamente estes formatos, e com o Excel são extraídos os valores das áreas por pavimentos.

### 5.1 Lote 15,00 x 30,00m

Iniciamos com o lote de 15,00 x 30,00m por ser considerado pela LUOS atual, o lote mínimo para verticalização e adensamento.

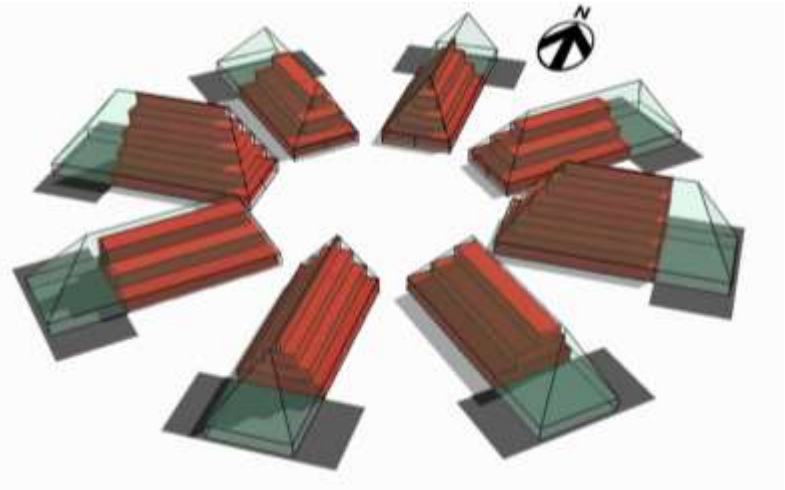



Figura 10: ES em lote de 15,00 x 30,00m

**Tabela 5:** Quadro de áreas (m²)

| 15x30 (450,00) | N | NE | E | SE | S | SO | O | NO |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 269,86 | 248,05 | 309,72 | 273,75 | 304,01 | 276,57 | 310,49 | 245,64 |
| 2 | 124,68 | 92,28 | 188,83 | 111,67 | 161,05 | 117,65 | 189,86 | 87,75 |
| 3 | | | 85,93 | | 19,51 | | 86,71 | |
| Total | 394,54 | 340,33 | 584,48 | 385,42 | 484,57 | 394,22 | 587,06 | 333,39 |
| CA1 | **0,87675** | **0,75628** | **1,29884** | **0,85648** | **1,07682** | **0,87604** | **1,30457** | **0,74086** |
| TO=0,5 (225,00) | 349,68 | 317,28 | 499,76 | 336,67 | 405,56 | 342,65 | 501,57 | 312,75 |
| CA2 | **0,77706** | **0,70506** | **1,11057** | **0,74815** | **0,90124** | **0,76144** | **1,11460** | **0,69500** |
| (+)Te | 574,68 | 542,28 | 724,76 | 561,67 | 630,56 | 567,65 | 726,57 | 537,75 |
| CA3 | **1,27706** | **1,20506** | **1,61057** | **1,24815** | **1,40124** | **1,26144** | **1,61460** | **1,19500** |

Esta tabela apresenta o número de pavimentos, excluído o térreo, e os metros quadrados obtidos em cada orientação: Anotadas as áreas por pavimento; no primeiro total a área máxima de construção e o seu CA1 (em negrito). O

segundo total, apresenta a área máxima de construção e seu CA2 considerando uma TO de 0,5 (em lilás). E o terceiro total, considerando a TO de 0,5 mais o térreo (225,00m²). Neste tipo de lote, considerando o térreo, o CA excede o valor de 1, chegando até 1,61 nas orientações E e O.

### 5.2 Lote 30,00 x 30,00m

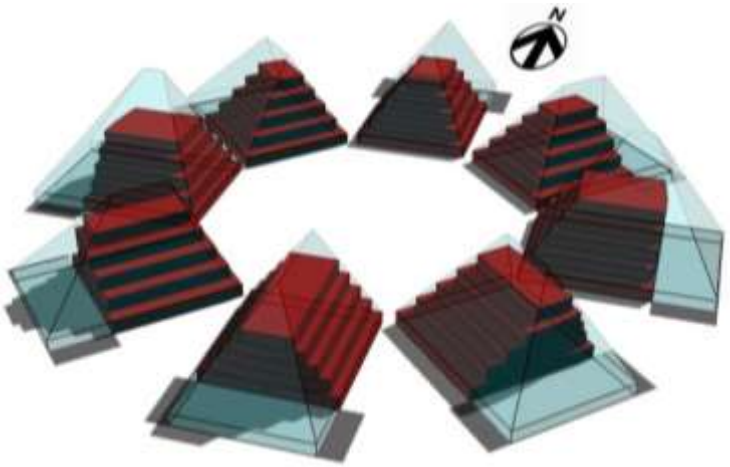


Figura 11: ES em lote de 30,00 x 30,00m

**Tabela 06:** Quadro de áreas (m²)

| 30x30 (900,00) | N | NE | E | SE | S | SO | O | NO |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 657,87 | 626,19 | 713,07 | 697,18 | 742,14 | 699,05 | 714,86 | 624,82 |
| 2 | 463,62 | 410,68 | 558,31 | 520,60 | 600,23 | 524,75 | 561,39 | 408,15 |
| 3 | 301,48 | 238,38 | 420,20 | 355,21 | 458,49 | 362,00 | 424,05 | 234,96 |
| 4 | 171,84 | 110,32 | 299,37 | 183,30 | 316,47 | 189,85 | 303,48 | 106,34 |
| 5 | 75,23 | 28,85 | 203,02 | 45,58 | 154,79 | 53,77 | 206,90 | 24,44 |
| 6 | 11,65 | | 116,85 | | 28,68 | | 116,85 | |
| 7 | | | 41,08 | | | | 41,08 | |
| Total | 1.681,69 | 1.414,42 | 2.351,90 | 1.801,87 | 2.300,80 | 1.829,42 | 2.368,61 | 1.398,71 |
| CA1 | **1,86854** | **1,57157** | **2,61322** | **2,00207** | **2,55644** | **2,03268** | **2,63178** | **1,55412** |
| TO=0,5 (450,00) | 1.460,20 | 1.238,23 | 1.980,52 | 1.484,09 | 1.849,94 | 1.505,62 | 1.992,36 | 1.223,89 |
| CA2 | **1,62244** | **1,37581** | **2,20057** | **1,64898** | **2,05548** | **1,67291** | **2,21373** | **1,35987** |
| (+)Te | 1.910,20 | 1.688,23 | 2.430,52 | 1.934,09 | 2.299,94 | 1.955,62 | 2.442,36 | 1.673,89 |
| CA3 | **2,12244** | **1,87581** | **2,70057** | **2,14898** | **2,55548** | **2,17291** | **2,71373** | **1,85987** |

Este lote apresenta valores de CA acima de 2,0, na maioria das orientações; com a TO de 0,5 e incluindo o térreo (em vermelho) os CAs chegam a 2,7 nas orientações E e O.

### 5.3 Lote 30,00 x 50,00m

Este lote com a TO de 0,5, incluindo o térreo (em vermelho) os CAs apresentam valores de CA acima de 2,0, na maioria das orientações e chegam a quase 3,0 nas orientações E e O (figura 12).

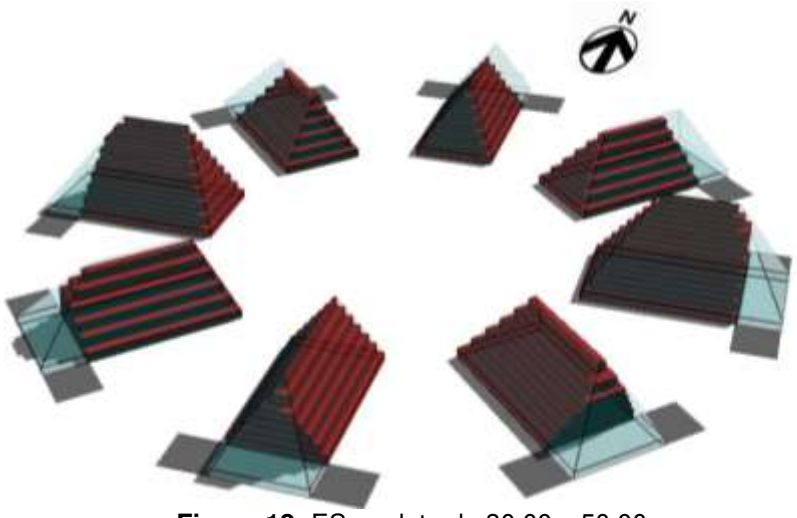



**Figura 12:** ES em lote de 30,00 x 50,00m

**Tabela 07:** Quadro de áreas (m²)

| 30x50 (1.500,00) | N | NE | E | SE | S | SO | O | NO |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1.171,88 | 1.128,45 | 1.249,86 | 1.196,97 | 1.256,16 | 1.201,31 | 1.251,65 | 1.124,61 |
| 2 | 877,56 | 802,02 | 1.017,81 | 907,09 | 1.014,18 | 916,09 | 1.020,88 | 794,65 |
| 3 | 617,03 | 570,72 | 803,83 | 630,37 | 774,05 | 644,34 | 807,68 | 510,12 |
| 4 | 390,29 | 284,53 | 607,92 | 345,63 | 534,23 | 361,54 | 612,04 | 271,02 |
| 5 | 197,34 | 93,46 | 403,09 | 98,50 | 276,90 | 118,38 | 433,97 | 77,36 |
| 6 | 38,18 | | 269,34 | | 55,21 | | 269,34 | |
| 7 | | | 118,98 | | | | 118,98 | |
| Total | 3.292,28 | 2.879,18 | 4.470,83 | 3.178,56 | 3.910,73 | 3.241,66 | 4.514,54 | 2.777,76 |
| CA1 | **2,19485** | **1,91945** | **2,98055** | **2,11904** | **2,60715** | **2,1611** | **3,00969** | **185.184** |
| TO=0,5 (750,00) | 2.742,84 | 2.448,71 | 3.649,33 | 2.574,50 | 3.116,34 | 2.624,26 | 3.684,33 | 2.358,50 |
| CA2 | **1,82856** | **1,63247** | **2,43288** | **1,71633** | **2,07756** | **1,74950** | **2,45622** | **1,57233** |
| (+)Te | 3.492,84 | 3.198,71 | 4.399,33 | 3.324,50 | 3.866,34 | 3.374,26 | 4.434,33 | 3.108,50 |
| CA3 | **2,32856** | **2,13247** | **2,93288** | **2,21633** | **2,57756** | **2,24950** | **2,95622** | **2,07233** |

## 5.4 Lote 50,00 x 30,00m

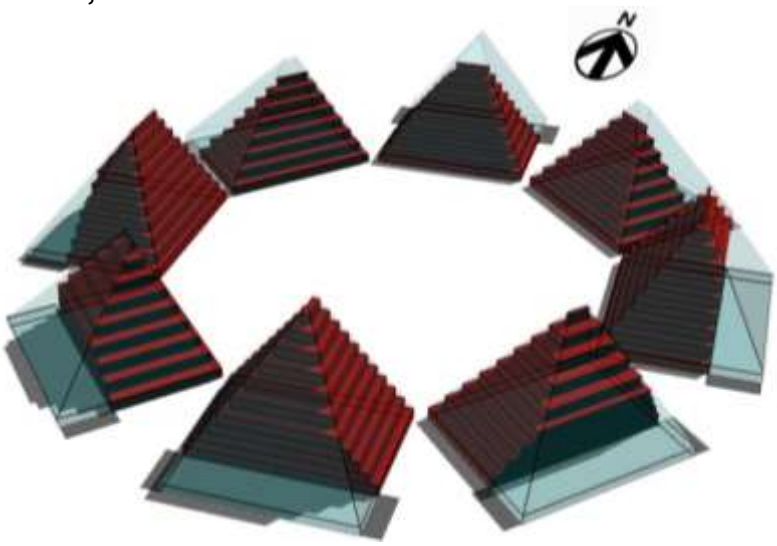


**Figura 13:** ES em lote de 50,00 x 30,00m

**Tabela 08:** Quadro de áreas (m²)

| 50x30 (1.500,00) | N | NE | E | SE | S | SO | O | NO |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1.196,75 | 1.151,26 | 1.275,98 | 1.282,35 | 1.347,86 | 1.283,25 | 1.279,13 | 1.150,99 |
| 2 | 927,30 | 847,64 | 1.070,03 | 1.077,85 | 1.197,58 | 1.079,96 | 1.075,84 | 847,41 |
| 3 | 691,64 | 589,13 | 882,17 | 886,50 | 1.049,15 | 890,14 | 890,11 | 589,26 |
| 4 | 489,77 | 375,75 | 712,38 | 634,99 | 898,20 | 632,18 | 721,95 | 376,54 |
| 5 | 321,69 | 207,49 | 560,66 | 300,19 | 661,86 | 386,68 | 571,36 | 209,25 |
| 6 | 187,41 | 84,34 | 423,38 | 203,97 | 461,17 | 199,76 | 423,38 | 87,39 |
| 7 | 86,91 | 6,31 | 252,03 | 76,34 | 296,12 | 71,42 | 252,03 | 10,96 |
| 8 | 20,20 | | 116,32 | 7,28 | 166,71 | | 116,32 | |
| 9 | | | 16,26 | | 72,94 | | 16,26 | |
| 10 | | | | | 14,82 | | | |
| Total | 3.921,67 | 3.261,92 | 5.309,21 | 4.469,47 | 6.166,41 | 4.543,39 | 5.346,38 | 3.271,80 |
| CA1 | **2,61444** | **2,17461** | **3,53947** | **2,97964** | **4,11094** | **3,02892** | **3,56425** | **2,18120** |
| TO=0,5 (750,00) | 3.297,62 | 2.763,02 | 4.331,03 | 3.472,77 | 4.673,62 | 3.540,04 | 4.351,30 | 2.773,40 |
| CA2 | **2,19841** | **1,84201** | **2,88735** | **2,31518** | **3,11574** | **2,36002** | **2,90086** | **1,84893** |
| (+)Te | 4.047,62 | 3.513,02 | 5.081,03 | 4.222,77 | 5.423,62 | 4.290,04 | 5.101,30 | 3.523,40 |
| CA3 | **2,69841** | **2,34201** | **3,38735** | **2,81518** | **3,61574** | **2,86002** | **3,40086** | **2,34893** |

Neste lote, os CAs nas orientações E, S e O ultrapassam o valor de 3,0, ganhando potencial construtivo.

Os lotes no meio das quadras com frentes menores e profundidades maiores, que são a tipologia comum, precisam de áreas maiores para alcançar potencial construtivo, enquanto que os lotes quadrados, com áreas menores do que 1.000,00 m² conseguem CA acima de 2,0 e as alturas das edificações atingem os 7 pavimentos. Lotes com frentes maiores que as profundidades obtêm

mais potencial construtivo (lote de 50,00 x 30,00, melhor do que lote de 30,00 x 50,00) e atingem mais altura.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como foi constado, se a infraestrutura existente está dimensionada e planejada para aumentar a sua capacidade, para suportar a verticalização e o adensamento, é recomendável realizar a compactação. Pelos resultados obtidos aqui é possível alterar lotes com destinação para usos residenciais unifamiliares, para outros usos, comerciais e de prestação de serviços, bem como para usos mistos, e mudar de baixas densidades para médias e moderadas densidades, verticalizando até os limites fornecidos pelo ES.

Conclui-se, pois, que o ES pode ser utilizado como critério para adensamento e verticalização, com diretrizes solares para o planejamento urbano e para a edificação, fornecendo o potencial máximo que pode ser construído sobre um lote, a volumetria, a altura da edificação e o distanciamento entre edificações (recuos e afastamentos).

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSIS, E. et al. (2007) Aplicação de dados do clima urbano no desenvolvimento de planos diretores de cidades mineiras. **Encac-Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído**, Ouro Preto, MG.

CAMPOS FILHO, C. M. (2001) **Cidades brasileiras: seu controle ou o caos, o que os cidadãos devem fazer para a humanização das cidades no Brasil,** Studio Nobel, São Paulo.

CASTRO PEREZ, D. e FÁVERO, E. (2009) O envelope solar como instrumento de regulamentação de aceso ao Sol no espaço urbano e nas edificações: o caso de Campinas, SP, Brasil. **SAL XIII – Seminario de Arquitectura Latinoamericana**, Ciudad de Panamá, Panamá.

JESSÉ, G. e BUSTOS ROMERO. M. (2011) O Urbanismo sustentável no Brasil, a revisão de conceitos urbanos para o século XXI. Disponível em: <http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/11.128/3724>.

KNOWLES, R. L. (2003) The solar envelope: its meaning for energy and buildings. **Energy and buildings**. 35(1), 15-25.

LECHNER, N. (1990) **Heating, Cooling, Lighting – Design Methods for Architects**. Wiley.

MEDRANO, L. (2012) Arquitetura Eficiente, **PARC pesquisa em arquitetura e construção**. Unicamp, Campinas, SP, ed. 1, 3(2). www.fec.unicamp.br/~parc

PONT, B. M. e HAUPT, P. (2009) **Space, density and urban form**, Netherlands.
ROGERS, R. e GUMUCHDJIAN, P. (2001) **Cidades para um pequeno planeta**. Ed. Gustavo Gili, Barcelona.

**Sobre os autores**

**DENIS ROBERTO CASTRO PEREZ**
Arquiteto urbanista pela Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Mackenzie, Mestre em Engenharia Civil na área de Arquitetura e Construção pela Unicamp e Doutor em Arquitetura, Tecnologia e Cidade pela Unicamp.
Rua Sebastião Pagano, n° 52, Nova Campinas, Campinas, SP. – CEP: 13092-105
Telefones: 19 3255 5522 e 19 99228 8923
denis@denisperez.com.br

**EDISON FAVERO**
Arquiteto urbanista pela Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, Mestre em Engenharia Urbana pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo e Doutor em Engenharia Urbana pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Professor da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Unicamp.
Av. Albert Einstein, n° 951, Cidade Universitária, Campinas, SP. – CEP: 13084 971
Telefone: 19 3521 2389
favero@fec.unicamp.br