"ANALISE DA ILUMINAÇÃO NATURAL EM ÁREA DE EIXO DE TRANSFORMAÇÃO URBANA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO"

Camila Ferreira Lima (1); Leticia Gabriela Camargo Matias (2); Paula Gosser Martines (3); Carolina Girotti (4)

(1) Acadêmica do curso de Arquitetura e Urbanismo, camila.flima4@gmail.com, Centro Universitário Anhanguera de São Paulo, Av. Braz Leme, 3029 - Santana, São Paulo - SP, 02022-011, Tel. 11 29729000
(2) Acadêmica do curso de Arquitetura e Urbanismo, lunarte.contato@gmail.com, Centro Universitário Anhanguera de São Paulo, Av. Braz Leme, 3029 - Santana, São Paulo - SP, 02022-011, Tel. 11 29729000
(3) Acadêmica do curso de Arquitetura e Urbanismo, paula.martines@hotmail.com, Centro Universitário Anhanguera de São Paulo, Av. Braz Leme, 3029 - Santana, São Paulo - SP, 02022-011, Tel. 11 29729000
(4) Professora MSc. de Arquitetura e Urbanismo, carolina.girotti@anhanguera.com, Centro Universitário Anhanguera de São Paulo, Av. Braz Leme, 3029 - Santana, São Paulo - SP, 02022-011, Tel. 11 29729000

RESUMO

A morfologia urbana condiciona o acesso à luz natural nas edificações e espaços públicos nas cidades. Sendo assim, esse estudo tem por objetivo avaliar o melhor aproveitamento de luz natural, em três bairros próximos aos Eixos de Estruturação Urbana, no município de São Paulo, através da ferramenta paramétrica *Rhinoceros*® e dos *plug-ins Grasshopper*® e *Ladybug*®. Entre os resultados encontrados estão que em alguns casos, o recuo frontal não é favorável para o acesso solar, de forma que, se a edificação vizinha não possuir o mesmo recuo pode fazer sombreamento na fachada. Os bairros analisados possuem morfologias distintas e por isso apresentaram resultados distintos, o que se constatou que é necessário analisar não apenas os índices urbanísticos, mas também a relação dos mesmos com a morfologia urbana atual.

Palavras-chave: acesso ao sol, iluminação natural, simulação computacional, ferramenta paramétrica.

ABSTRACT

The urban morphology establishes access to daylight in buildings and public spaces in the city. Therefore, the study aims to rate the best use of natural light, in three neighborhoods near the Eixos de Estruturação Urbana, on São Paulo county, using the parametric tool Rhinoceros® and the plug-ins Grasshopper® and Ladybug®. Amongst the results were found that in some cases front setback it is not favorable for sunlight access, meaning that, if the neighboring building don't hold the same setback it can cause shadowing in the building facade. The analyzed neighborhoods own distinct morphological characteristics and due to that the results are also distinct, which shows that it is necessary to analyze not only the urban indexes but also the relation between urban indexes and the current morphology.

Keywords: daylight, natural lighting, computational simulation, parametric tool.

1. INTRODUÇÃO

As grandes metrópoles lidam constantemente com problemas de adensamento populacional, e seu crescimento urbano, contínuo e acelerado, requer um planejamento preciso, de modo que a densidade construtiva e habitacional das cidades crie estratégias, legislações e tecnologias que permitam um uso mais eficiente da infraestrutura urbana e do solo, a fim de proporcionar soluções e mudanças que impactem diretamente na preservação dos recursos e qualidade de vida dos seus usuários.

O Plano Diretor Estratégico do Município de São Paulo (PDE) de 2014, definiu áreas de desenvolvimento urbano denominadas "Eixos de Estruturação da Transformação Urbana" (EETU) com o objetivo de otimizar e humanizar o aproveitamento do solo nas áreas próximas à rede de transporte público de média e alta capacidade, como estações de metrô, trem e corredores de ônibus. Aumentando o potencial construtivo em áreas estratégicas próximas ao transporte público (PMSP, 2014).

De acordo com o PDE de 2014, nas áreas de EETU há um estímulo estratégico para o uso misto e fachada ativa com fruição pública e alargamento das calçadas, reduzindo assim grandes deslocamentos e aproximando emprego de moradia. Nessas áreas, as edificações que tiverem o térreo com fachada ativa com fruição pública, poderão aumentar seu potencial construtivo em até 20% sem computar área construída (PMSP, 2014). Com isso, a infraestrutura urbana e as possibilidades de desenvolvimento habitacional, serão ampliadas através de um planejamento baseado no desenvolvimento orientado pelo transporte, onde o adensamento é estimulado em locais estratégicos e o crescimento periférico é desestimulado.

O planejamento da cidade condiciona a qualidade e o desempenho do ambiente construído. Assim, é necessário que as cidades sejam planejadas a fim de reduzir o impacto do crescimento urbano. Sob o aspecto do acesso ao sol, esse é influenciado por sua implantação e vizinhança, relacionando assim, sua posição no terreno, altura e afastamentos (BIRCK; AMORIM, 2020; NG, 2010; PACIFICI et al., 2017).

A relação da morfologia urbana com o aproveitamento da luz natural, tem influência no bem estar físico, psicológico e na saúde dos usuários, além de otimizar o uso da energia elétrica nas edificações. Os parâmetros urbanísticos estabelecidos pelo zoneamento e a inter-relação entre eles, condicionam a densidade construída e consequente o acesso a radiação solar nas edificações, principalmente em escala de vizinhança devido ao mútuo sombreamento (COSTI, 2001; GIROTTI; MARINS, 2019; GIROTTI; MARINS; LARA, 2019).

Diante disso, neste trabalho, a morfologia urbana é analisada através da densidade urbana construída, que é uma medida numérica, condicionada ao acesso da luz natural no meio ambiente urbano

2. OBJETIVO

O objetivo do trabalho é analisar a relação da morfologia urbana com a incidência de luz natural em novas edificações das áreas de adensamento urbano previstas no PDE, no município de São Paulo, considerando o incentivo ao uso misto do solo e fachada ativa.

3. MÉTODO

O trabalho utilizou a abordagem quantitativa de metodologia de pesquisa, através de um estudo de caso e de simulação paramétrica

3.1. Estudo de caso: Eixo de Transformação Urbana do Município de São Paulo - Belém, Pari e Santana

O estudo foi analisado em três bairros do município de São Paulo, Belém, Pari e Santana, situados nos EETU, conforme ilustra a Figura 1.

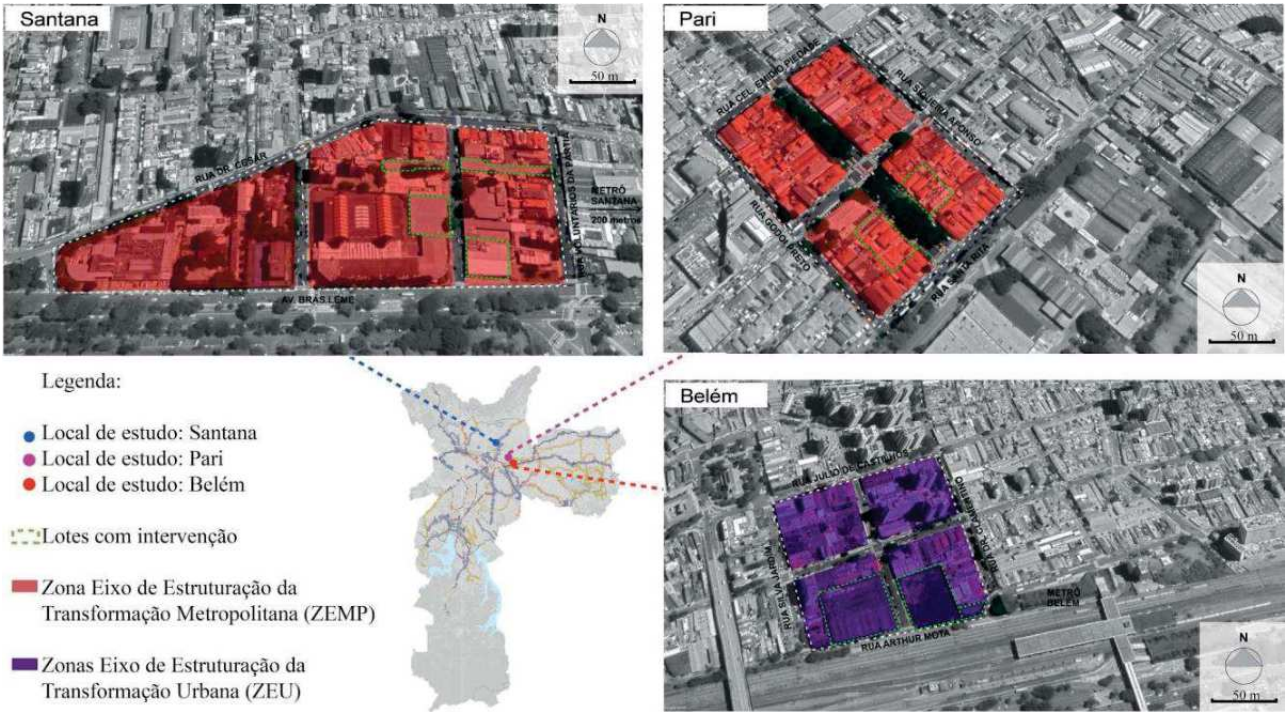

Figura 1 – Localização dos lotes do estudo de caso, autoras com dados de GOOGLE (2017) e PMSP (2016)

A Figura 1 ilustra que os lotes localizados no Belém, estão situados na Zona de Estruturação Urbana (ZEU), já os lotes localizados na em Santana e no Pari estão situados na Zona Eixo de Estruturação Metropolitana (ZEMP), de acordo com a Lei de Parcelamento Uso e Ocupação do Solo do município de São Paulo (PMSP, 2016).

Na ZEU e ZEMP os parâmetros de Taxa de Ocupação (T.O.) e Coeficiente de Aproveitamento (C.A.) foram expandidos, em comparação com a legislação anterior, objetivando adensamento, qualificação do espaço público e aumento e diversificação de bens e serviços devido ao fato dessas regiões estarem próximas a rede estrutural do transporte público.

Os bairros Santana e Belém possuem usos comerciais e residenciais, porém, ainda possuem alguns galpões, e são bairros próximos a estações de metrô, o que favorece a tendência ao adensamento de tais regiões.

O bairro do Pari é um bairro estratégico pela sua proximidade a corredores de ônibus e a Marginal Tietê, o perímetro possui uso do solo predominantemente residencial de baixo gabarito e pouco acesso ao comércio e serviços.

A Figura 2 mostra o levantamento de uso de ocupação do solo dos perímetros de estudo.

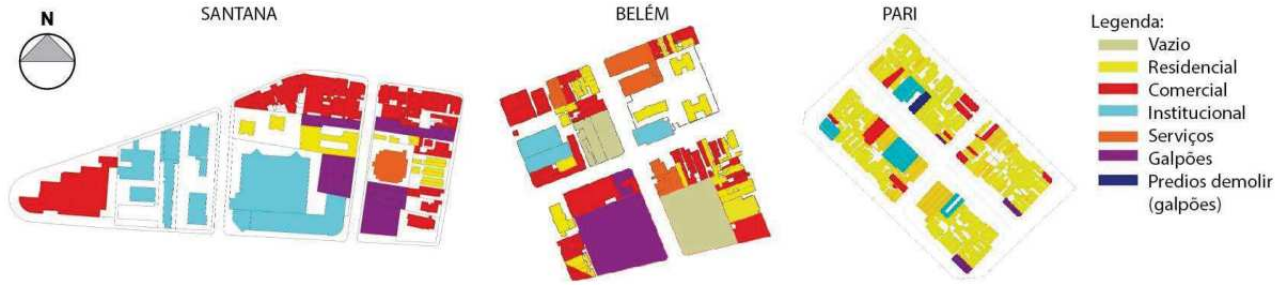

Figura 2 – Levantamento uso e ocupação do solo no perímetro de estudo (Autoras)

Para o trabalho, foram considerados os parâmetros urbanísticos máximos de C.A. e T.O. como estabelecidos na LPUOS do município de São Paulo, em 2016. O dado de entrada para a análise paramétrica foi o arquivo .epw de São Paulo, com o período estabelecido entre 08 as 18 horas do dia 15 de junho, conforme detalhado da Tabela 1.

Tabela 1 – Parâmetros urbanísticos e climáticos adotados no trabalho

Parâmetros Urbanísticos				
Percentuais permitidos de acordo com zoneamento (LPUOS, 2016)				
	C.A.		T.O.	
	Coeficiente de Aproveitamento		Taxa de Ocupação - lotes acima de 500m^2	
Zoneamento	Mínimo	Máximo	Máximo	
ZEMP	0,50	2	0,70	
ZEU	0,50	4	0,70	
Fontes: (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 2014, 2016)				
Parâmetros de entrada estabelecidos				
	C.A.		T.O.	
Zoneamento	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
ZEMP	X	4	0,30	0,70
ZEU	2	4	0,30	0,70
Premissas Climáticas				
Parâmetros de entrada Ladybug	.epw de São Paulo (disponível em https://energyplus.net/weather-location/south_america_wmo_region_3/BRA//BRA_Sao.Paulo.837800_IWEC)			
Base para simulações Ladybug	Data		Período	
	15/jun		De 08 ás 18 horas	
Fontes: (ENERGYPLUS,2019)				

Fontes: Autoras com dados de ENERGYPLUS (2019), PMSP (2014) e (2016)

3.2. Ferramenta paramétrica de análise de luz natural: Ladybug

Para a simulação de luz natural da pesquisa, foi utilizado o programa do *Rhinoceros*® associado ao *plug-in Grasshopper*® para representar a dinâmica da morfologia urbana e relacioná-la com a simulação de luz natural, através do plug-in *Ladybug*® (ROBERT MCNEEL & ASSOCIATES, 2019, 2021; ROUDSARI; MACKEY, 2021). A figura 3 ilustra o fluxograma da programação adotada no ao *plug-in Grasshopper*® (ROBERT MCNEEL & ASSOCIATES, 2019, 2021; ROUDSARI; MACKEY, 2020).

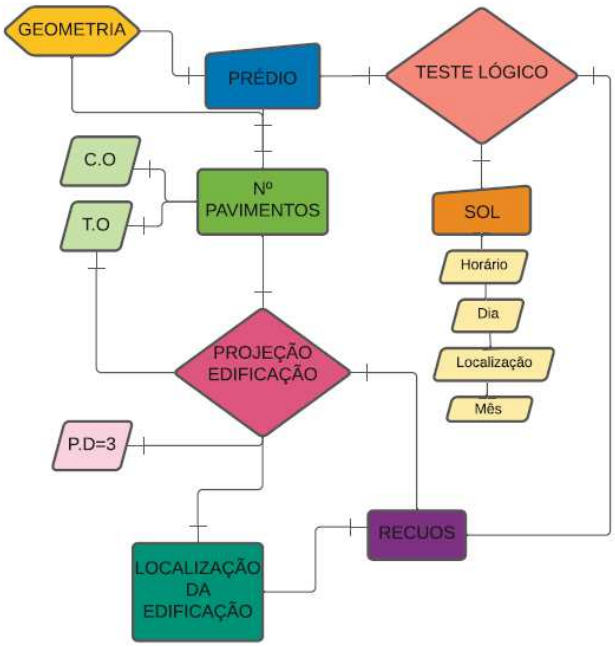

Figura 3 – Fluxograma da programação desenvolvida no *plug-in Grasshopper*® (Autoras)

4. RESULTADOS

Os resultados foram obtidos através da média de horas de incidência solar nas edificações. A média de horas foi gerada por modelagem paramétrica, através do programa *Rhinoceros*® e dos *plug-ins Grasshopper*® e *Ladybug®,* com forma resultante da associação das premissas estabelecidas na Tabela 1.

A obtenção da média numérica está segmentada por fachadas, em suas posições geográficas Norte (N), Sul (S), Leste (L) e Oeste (O). Os resultados são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Horas de incidência solar por fachadas em variação de C.A. e T.O.

Bairro	Índice Urbano	Quantidade de horas de iluminação natural edificação				Quantidade de horas de iluminação natural térreo edificação			
		N	S	L	O	N	S	L	O
Santana (1)	C.A. 2. T.O. 0.70	8	0	4	3	7	0	4	2
	C.A. 2. T.O. 0.30	8	0	3	1.5	7	0	3	1.5
Santana (2)	C.A. 2. T.O. 0.70	8	0	4	5	4	0	4	4
	C.A. 2. T.O. 0.30	10	0	0	5	4	0	0	4
Santana (3)	C.A. 2. T.O. 0.70	10	0	3	6	9	0	2	4
	C.A. 2. T.O. 0.30	8	0	4	5	7	0	3	3
Santana (4)	C.A. 2. T.O. 0.70	5	0	2	6	2	0	4	5
	C.A. 2. T.O. 0.30	10	0	4	6	4	0	3	5
Belém (1)	C.A. 4. T.O. 0.70	7.5	0	2	3.5	1	0	1	3.5
	C.A. 4. T.O. 0.30	3.5	0	1.5	4.5	2	0	0.5	4.5
	C.A. 2. T.O. 0.70	5.5	0	2	4	1	0	1	4
	C.A. 2. T.O. 0.30	3.5	0	1.5	4.5	2	0	0.5	4.5
Belém (2)	C.A. 4. T.O. 0.70	7	0	2.5	4	4	0	2	2
	C.A. 4. T.O. 0.30	8.5	0	3	4	7	0	3.5	4.5
	C.A. 2. T.O. 0.70	6.5	0	2.5	4	4	0	2	2
	C.A. 2. T.O. 0.30	9	0	3	4.5	8	0	3	3.5
Belém (3)	C.A. 4. T.O. 0.70	9	0	2	4	8	0	0.5	3
	C.A. 4. T.O. 0.30	8.5	0	3.5	3.5	8.5	0	2	3
	C.A. 2. T.O. 0.70	9	0	1	3	8	0	0.5	3
	C.A. 2. T.O. 0.30	8.5	0	4	4.5	8.5	0	1.5	4
Pari (1)	C.A. 2. T.O. 0.70	10	3	4	9	6.7	0	4	9
	C.A. 2. T.O. 0.30	10	3	4	9	8	3	0	9
Pari (2)	C.A. 2. T.O. 0.70	10	3	4	9	10	3	4	9
	C.A. 2. T.O. 0.30	10	3	4	9	10	3	4	9

A análise da Tabela 2 mostra que em Belém os resultados obtidos demonstram que a redução do T.O. permitiu aumento na média do período de incidência solar, tanto no pavimento térreo, como nos demais pavimentos das edificações. Já o aumento do C.A. mantém a mesma média de horas sol, mas com ganho de área de incidência solar. Já quando o cenário propõe o C.A. máximo (4) e T.O. máximo (0,70) é notada redução da média de horas sol no térreo das edificações.

Em Santana os resultados obtidos mostram que os lotes voltados para a rua na face leste, recebem maior iluminação no térreo conforme possuem um T.O. maior e estão com a fachada mais próximas dos limites da calçada. Essas mesmas fachadas recebem menos iluminação conforme o valor de T.O. e de recuo frontal é diminuído.

A face Sul em Santana não sofre interferências dos parâmetros urbanísticos, recebendo sempre uma incidência igual a 0. A face oeste também não sofreu alterações de iluminação conforme a variação dos parâmetros. Já na face norte é possível perceber que o T.O. mais baixo recebe maior iluminação nos andares superiores, porém no térreo não há alteração. Em Santana é possível perceber um ganho de iluminação

natural na fachada do térreo conforme os lotes estão mais próximos das ruas, e, portanto, não recebem sombreamento do vizinho.

Na região do Pari, se observou que com o C.A. 2, a T.O. 0,30 obteve maior incidência solar principalmente no térreo da edificação. Já com o C.A. 2 e T.O. 0,70, as edificações vizinhas exercem sombreamento nas novas edificações, principalmente no térreo, que chega a apresentar áreas praticamente sem iluminação, como é observado na fachada leste de ambas edificações analisadas. A T.O. 0,30 favorece a iluminação das fachadas, principalmente no período da manhã, por verticalizar a edificação e diminuir o sombreamento dos vizinhos.

5. CONCLUSÕES

As análises foram feitas nas edificações e no térreo das edificações, pois, considerando a fachada ativa, é esperado que o térreo seja utilizado para o comércio e serviço e que necessite de mais horas de iluminação.

Os resultados mostraram que o maior aproveitamento de luz natural não é padrão nos três bairros de estudo, dessa forma, definir o melhor índice urbanístico para melhor aproveitamento solar depende da área de entorno, do aspecto morfológico da vizinhança, altura das edificações vizinhas e largura das vias.

Estudos mais aprofundados sobre aproveitamento solar devem considerar a relação dos aspectos morfológicos da vizinhança e os índices urbanísticos aplicados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BIRCK, M. B.; AMORIM, C. N. D. Condicionantes solares como princípio orientador da forma urbana: estudo de caso contextualizado no Distrito Federal. **Ambiente Construído**, v. 20, n. 3, p. 591–609, 2020.

COSTI, M. **A luz em estabelecimentos de saúde**. ENCAC 2001 – VI Encontro Latino-americano sobre Conforto no Ambiente Construído. **Anais**...2001

ENERGYPLUS. **Weather Data by Location - Download - Sao Paulo 837800 (IWEC)**. Disponível em: <https://energyplus.net/weather-location/south_america_wmo_region_3/BRA//BRA_Sao.Paulo.837800_IWEC>. Acesso em: 11 jun. 2019.

GIROTTI, C.; MARINS, K. R. DE C. **Análise dos parâmetros urbanísticos quanto ao aproveitamento solar fotovoltaico em áreas urbanas em processo de adensamento em São Paulo**. SINGEURB 2019. **Anais**...São Paulo: 2019

GIROTTI, C.; MARINS, K. R. DE C.; LARA, A. H. Análise da morfologia urbana para maximização de geração de energia fotovoltaica no Belenzinho, em São Paulo. **Ambiente Construído**, v. 19, n. 4, p. 7–22, dez. 2019.

GOOGLE. **Google Earth: versão 7.3.0.3832**, 2017.

NG, E. **DESIGNING HIGH-DENSITY CITIES: For Social & Environmental Sustainability**. 1ª ed. London: Earthscan, 2010.

PACIFICI, M. et al. Morphological and climate balance: Proposal for a method to analyze neighborhood urban forms by way of densification. **Sustainable Cities and Society**, v. 35, p. 145–156, 2017.

PMSP. **SÃO PAULO, Lei nº 16.050, de 31 de Julho de 2014. Plano Diretor Estratégico do Município de São Paulo.** Brasil, 2014.

PMSP. **SÃO PAULO, Lei nº 16.402, de 23 de março de 2016. Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo do Município de São Paulo.** Brasil, 2016.

ROBERT MCNEEL & ASSOCIATES. **Grasshopper: versão 1.0.0007**, 2019.

ROBERT MCNEEL & ASSOCIATES. **Rhinoceros: versão 6.0**, 2021.

ROUDSARI, M. S.; MACKEY, C. **Ladybug**, 2020. Disponível em: <https://www.food4rhino.com/app/ladybug-tools>

AGRADECIMENTOS

À Fundação Nacional De Desenvolvimento Do Ensino Superior Particular (FUNADESP)