XV ENCAC Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído
XI ELACAC Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído
JOÃO PESSOA | 18 a 21 de setembro de 2019

INFLUÊNCIA DE DIFERENTES CONFIGURAÇÕES URBANAS NO DESEMPENHO DA ILUMINAÇÃO NATURAL EM AMBIENTES INTERNOS NA CIDADE DE FLORIANÓPOLIS

Luciana Mota Beck (1); Fernando O. Ruttkay Pereira (2); Veridiana Atanasio Scalco (3)
(1) Arquiteta, Doutoranda do PósARQ - Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina – Laboratório de Conforto Ambiental, luciana@labcon.ufsc.br
(2) Engenheiro Civil, PhD, Professor do PósARQ – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo – UFSC, ruttkay.pereira@ufsc.br
(3) Arquiteta, Dra, Professora da UNISUL – Universidade do Sul de Santa Catarina, veridi@gmail.com

RESUMO
A legislação urbanística, por meio do controle do uso do solo, norteia e regula a ocupação urbana. Os parâmetros urbanos, como Índice de Aproveitamento - IA e Taxa de Ocupação - TO são, muitas vezes, explorados ao máximo, o que reduz a incidência da luz solar no interior dos ambientes. Como o meio urbano tem grande impacto no desempenho da iluminação natural dos ambientes, foi desenvolvido um estudo de ocupação numa área da cidade de Florianópolis, que resultou na criação de 56 cenários com diferentes configurações urbanas e 3 situações de implantação no lote. A medida dinâmica - sDA (*Spacial Daylight Autonomy*) foi simulada no interior dos ambientes e relacionada com o Ângulo de Obstrução em cada pavimento analisado, para averiguar a influência das diferentes configurações urbanas no desempenho da iluminação natural. Foi verificado o sDA médio dos ambientes e o sDA médio do pavimento da edificação de análise, considerado satisfatório o valor de sDA≥45%. De acordo com os resultados encontrados, para obter sDA≥45, o ângulo de obstrução (inversamente proporcional ao valor de sDA) deve apresentar valores em torno de 50°. A relação entre os parâmetros urbanos (TO e IA) e gabaritos e a implantação da edificação no lote pode auxiliar a obter esses valores para minimizar o impacto do entorno urbano.
Palavras-chave: simulações computacionais, iluminação natural, parâmetros urbanos.

ABSTRACT
Urban legislation, through the control of land use, guides and regulates urban occupation. The urban parameters, such as Floor Area Ratio - FAR, are often exploited to the maximum, which reduces the incidence of sunlight within the environments. As the urban environment has a great impact on the natural lighting performance of the environments, a study of occupation in an area of the city of Florianópolis was developed, resulting in the creation of 56 scenarios with different urban configurations, and 3 deployment situations in the lot. The Spacial Daylight Autonomy - sDA was computed inside the environments and related to the cut-off angles in each floor analyzed, to ascertain the influence of the different urban configurations on the natural lighting performance. The mean sDA of the environments and the average sDA of the floor of the analysis building was verified, considering the sDA value ≥45%. According to the results obtained, to obtain sDA≥45, the cut-off (inversely proportional to the value of sDA) should have values around 50°. The relationship between the urban parameters and jigs and the implementation of the building in the lot can help to obtain these values to minimize the impact of the urban environment.
Keywords: simulation, daylighting, urban parameters.

1. INTRODUÇÃO

As legislações urbanísticas, norteiam e regulam a ocupação urbana, por meio do controle do uso do solo, com a determinação de taxas de ocupação, índices de aproveitamento, gabaritos, recuos e afastamentos, que têm sido utilizados, desde o início do século XX, para garantir, também, a iluminação natural (DEKAY, 1993). Num contexto global de urbanização crescente e de transformações acentuadas nas cidades, destacam-se os processos de verticalização e adensamento dos espaços urbanos. A disponibilidade de iluminação natural no local, a configuração do entorno edificado, as dimensões e formas dos edifícios, geometria dos espaços abertos, propriedades dos materiais, podem modificar as condições lumínicas para os ambientes externos e internos (LITTLEFAIR, 2001).

Desse modo, é importante investigar, na configuração espacial da cidade, não somente os aspectos arquitetônicos, que influenciam a disponibilidade da iluminação natural em ambientes internos, como a geometria das edificações (LARANJA, 2010; REINHART, 2016, 2017) e as características das aberturas (ANDERSON, 2011). A inserção do edifício em seu entorno urbanístico deve respeitar as inter-relações entre os valores dos elementos urbanos e o usuário, pois as decisões tomadas, a nível de planejamento urbano, influenciam o projeto de arquitetura em etapas posteriores.

Simulações urbanas estão sendo desenvolvidas para apoiar o desenvolvimento de leis de zoneamento e garantir à iluminação natural a longo prazo nas cidades. O uso do potencial construtivo máximo do lote é requerido num contexto de cidades altamente densas. Em 2012, a IES - *Illuminating Engineering Society*, através da *Lighting Measurments* – LM, publicou documento que estabeleceu a medida dinâmica de desempenho da iluminação natural, a Autonomia Espacial da Luz Natural - sDA (*Spacial Daylight Autonomy*). O sDA é a medida utilizada para analisar a suficiência da iluminação natural e é definida como a porcentagem da área que possui um nível mínimo de iluminação natural por uma fração específica das horas de operação do ano. $sDA_{300,50\%}$ é a área em que se consegue obter pelo menos 300 lux nos ambientes regularmente ocupados da edificação, em um período entre 8hs e 18hs, por 50% das horas do ano, ou 1825 horas. (IES, 2012). Em 2014, o sDA também foi adotado pelo *Leadership in Energ and Environmental Design* - LEED, que inicia sua pontuação em 55% de área de atendimento da iluminação. Entretanto, estudo de Saratsis et al. (2017) justifica que o LEED somente considera áreas regularmente ocupadas e que 45% seria suficiente para assegurar níveis satisfatórios.

Em relação ao entorno urbano, o cálculo do ângulo de obstrução (tangente do ângulo de obstrução é igual à altura da edificação dividido pelo afastamento entre edificações) é uma maneira geométrica simples de expressar as distâncias pelas quais as fachadas dos edifícios estão espaçadas em relação à sua altura e verificar o impacto dessas obstruções no desempenho da iluminação natural dos ambientes internos. O cálculo do ângulo de obstrução em cada pavimento pode ser analisado e correlacionado com os valores de sDA.

2. OBJETIVO

Analisar o desempenho da iluminação natural dos ambientes internos em cenários que apresentam diferentes configurações urbanas, como taxa de ocupação, índice de aproveitamento e gabarito, na cidade de Florianópolis, a fim de apresentar uma correlação entre o desempenho da iluminação natural e ângulo de obstrução do entorno.

3. MÉTODO

3.1. A área de estudo

O zoneamento da área do estudo é considerado uma das mais densas da cidade de Florianópolis e, assim, possibilita analisar situações nas quais as obstruções do entorno podem ser consideradas mais impactantes no desempenho da iluminação natural em ambientes internos. Os cenários criados (figura 1), foram caracterizados com uma única configuração de quadra replicada de forma idêntica à quadra base (150mx70m = 10.500m²) nove vezes, sendo considerado para o estudo somente seu entorno imediato.

Os lotes possuem uma testada de 30m e profundidade de 35m, perfazendo uma área total de 1.050 m². No lote de estudo está inserida a edificação de análise, na qual estão os ambientes do estudo, denominado de 1, os localizados de frente para o sistema viário na orientação sul, 2E (leste) e 2D (oeste), os ambientes laterais e 3 (norte), os de fundos. Esta orientação foi a escolhida por ser a mais restritiva, e caso as análises apresentem-se satisfatórias nesta orientação, também poderiam ser consideradas nas demais.

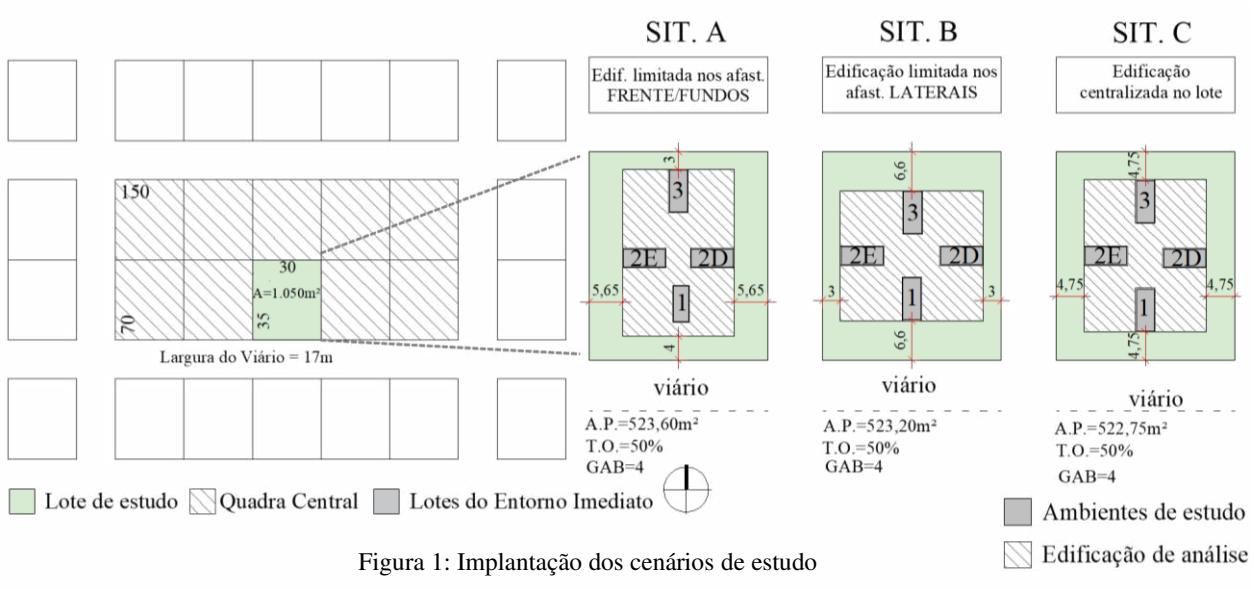


Figura 1: Implantação dos cenários de estudo

Foram analisadas 3 situações de implantação da edificação de análise no lote de estudo: Sit. A: edificação de análise foi inserida no limite dos afastamentos frontal e fundos e centralizada em relação aos afastamentos laterais; Sit. B: a edificação de análise foi inserida no limite dos afastamentos laterais e centralizada em relação aos afastamentos frontal e fundos, mas sempre observando os valores mínimos exigidos; e Sit. C: a edificação de análise foi centralizada no lote, com os afastamentos frontal, lateral e fundos iguais. Em todas as situações, as edificações apresentam mesmo gabarito, IA e TO e diferem apenas pela maneira que estão inseridas no lote.

Os ambientes foram projetados para a realização de tarefas visuais similares, podendo contemplar, especificamente, edifícios de escritórios, escolas, lojas e prédios públicos, assim considerados pela IES (2012) como edifícios de áreas de trabalho regularmente ocupadas. As edificações do entorno imediato foram definidas como idênticas às da edificação de análise, no que diz respeito à situação no lote, às características arquitetônicas e aos parâmetros urbanos de estudo (taxa de ocupação, índice de aproveitamento e gabarito).

Em relação às características arquitetônicas, os ambientes foram definidos com uma área de 21 m², com 3 metros de largura e 7 de profundidade e pé-direito igual à 3 metros. A largura do sistema viário foi determinada com 17 metros de largura. A área das aberturas foi definida de acordo com a relação mínima permitida pelo código de obras vigente, de 1/6 da área do piso para ambientes com permanência prolongada, distribuídas centralizadas em relação à parede, com largura de 3 metros, peitoril e altura fixos, em 90cm (necessários gradis, ou vidro com bandeira fixa nas aberturas, etc., para atendimento das normas de segurança) e 1,20m, respectivamente.

3.2. Levantamento dos parâmetros urbanos

O estudo foi realizado com duas alternativas de ocupação, sendo consideradas duas variações de análise. A variação 1 contempla os índices urbanisticos padrão, e a variação 2, tem acréscimo no gabarito, TO diferenciada no 1° e 2° pavimentos de até 80% e, ainda, acréscimo de 1/3 da TO pela outorga onerosa, conforme Tabela 1. O índice de aproveitamento mínimo e o índice de aproveitamento básico são iguais a 1. O acréscimo de índice de aproveitamento pode alcançar até 5,36.

Tabela 1: Descrição dos parâmetros urbanos

VARIAÇÃO	T.O. MÁXIMA	GABARITO	AFASTAMENTO
1	Pavto 2 ao 5=50% Pavto 6 ao 12 = 40 - (n° pavto)%	2 a 12	**Sit. A**: limite frente/fundos
2	Pavto 3 ao 5 = 50% + 1/3 outorga onerosa + 1° e 2° TO=80% Pavto 6 ao 16 = 40 - (n° pavto)% + 1/3 da outorga onerosa + (1° e 2° TO=80%)	3 a 16	**Sit. B**: limite nas laterais **Sit. C**: centro do lote

O primeiro pavimento não foi considerado no estudo do desempenho da iluminação natural, por se tratar de um pavimento de acesso. Na variação B, o 1° e o 2° pavimentos foram desconsiderados no estudo do desempenho da iluminação natural, uma vez que, a taxa de ocupação diferenciada exige usos diferenciados (garagens e comércio).

3.3. Ferramentas utilizadas e tratamento dos dados

O potencial construtivo máximo de cada cenário do estudo foi analisado com o *software CityZoom*, programa computacional desenvolvido no Laboratório para Simulação e Modelagem em Arquitetura e Urbanismo - SimLab da UFRGS. O estudo foi iniciado considerando a taxa de ocupação máxima permitida por gabarito, começando pelo 2, 3, 4, assim por diante, até alcançar o máximo de 12 pavimentos na variação 1 e 16, na variação 2. Como condição estabelecida, a área de projeção dos pavimentos das edificações dos cenários tinha que permitir a inserção dos 4 ambientes simultaneamente. Cenários onde a largura da edificação fez com que os ambientes laterais ficassem sobrepostos, não foram considerados no estudo.

O desempenho da iluminação natural foi realizado através do $sDA_{300,50\%}$, com o *software Rhinocerous 6.0.* No plug-in *Grasshopper*, os parâmetros urbanos, como a taxa de ocupação e gabaritos, foram gerenciados parametricamente. Para as simulações do desempenho da iluminação natural foi utilizado *o plug-in DIVA* 4.0. O arquivo climático da cidade de Florianópolis, utilizado para a realização das simulações, foi do tipo *SWERA*. Os pontos de análise foram contínuos e distanciados a 80 cm (considerado a altura do plano de trabalho em relação ao piso, com um distanciamento dos pontos de 50 em 50cm. As refletâncias dos materiais internos para piso, parede e teto foram estabelecidas em 20%, 50% e 70%, respectivamente, e a transmitância do vidro de 88%. Esses valores foram adotados baseados nas faixas de refletâncias úteis para as superfícies internas levantadas pela NBR ISO/CIE 8995-1(2013), de piso entre 0,1 e 0,5, de parede, entre 0,3 e 0,8 e teto, entre 0,6 e 0,9. Os parâmetros de simulação foram mantidos como *default* do programa, com exceção do "*Ambient bounces*" que define o número máximo de inter-reflexões entre as superfícies dos objetos. O valor adotado para o estudo foi de 5. A refletância das superfícies externas das edificações foi fixada em 50%, valor próximo do obtido (43,9%), através de estudo da caracterização de um coeficiente de reflexão médio para superfícies verticais na área central de Florianópolis (LEDER; PEREIRA; MORAES, 2007). As refletâncias do sistema viário e lotes foram fixadas em 20%.

Primeiramente, foram analisados os resultados das simulações dos valores de sDA médio dos ambientes 1, 2 e 3, para verificar a sua relação com os afastamentos mínimos e gabarito nas diferentes implantações do estudo (Sit. A, B e C). Posteriormente, foram simulados os valores do sDA médio por pavimento, no qual o ambiente 1, foi excluído da análise, por ser favorecido pela largura do sistema viário.

Por fim, para o cálculo da tangente do ângulo vertical de obstrução, considerou-se o a distância do peitoril da abertura do pavimento de análise até a cobertura (H) dividida pelo afastamento entre a edificação do entorno (A).

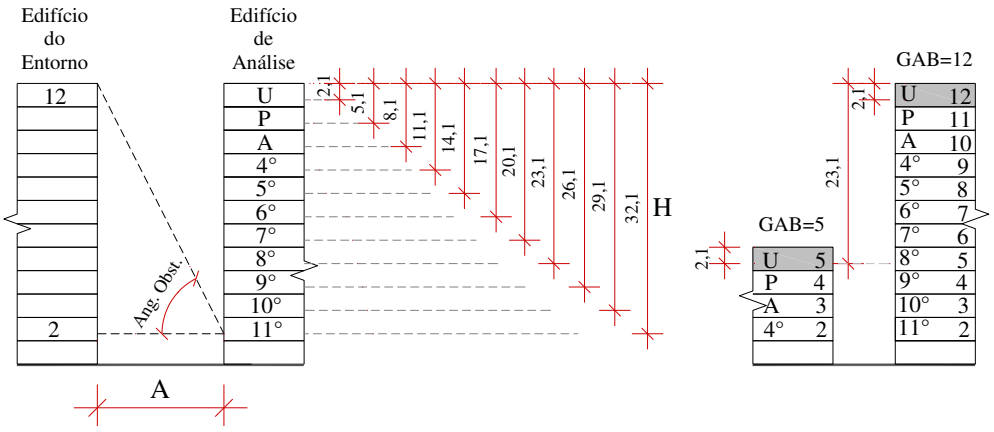


Figura 2: Relação dos gabaritos e dos pavimentos de análise das edificações do estudo

A Figura 2 ilustra duas edificações de análise dos cenários do estudo, uma com gabarito 5 e a outra com gabarito 12. O desempenho da iluminação natural do último (U) pavimento análise, (5° pavimento) do gabarito 5, foi comparado com o pavimento 12, do gabarito 12. Já o penúltimo pavimento (P), do gabarito 5, foi comparado com o pavimento 11 do gabarito 12, e assim por diante. Dessa forma, foi possível comparar os resultados e relacionar os valores de sDA, com o valor correspondente do ângulo vertical de obstrução para cada cenário do estudo e encontrar o ângulo vertical de obstrução correspondente ao valor de sDA igual a 45%. Os resultados dos valores de sDA encontrados foram divididos em 2 categorias: sDA≥45, representado na cor verde (satisfatório) e sDA<45, representado na cor laranja (não satisfatório).

4. RESULTADOS

O estudo resultou em um total de 56 cenários de diferentes configurações urbanas. Dos 11 (total de gabaritos) cenários possíveis na variação 1 da situação A, foi criado um total de 4 (cenários de gabarito 2, 3, 4 e 5) e 11 nas situações B e C. Na variação 2, foram criados 10 cenários nas três situações.

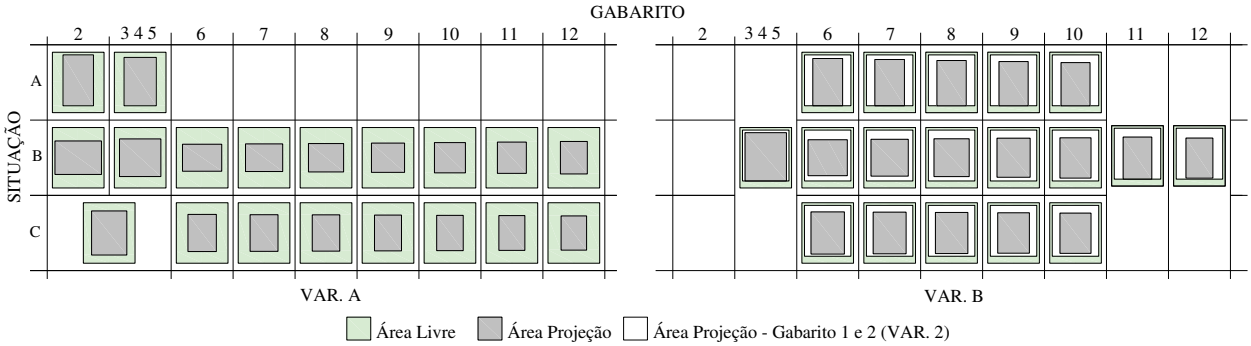


Figura 3: Cenários da Variação A e B - Sit. A, B e C

Após o estudo de ocupação, os valores do sDA médio dos ambientes foram computados e correlacionados com os afastamentos mínimos exigidos e gabaritos. A relação entre o afastamento de fundos e os gabaritos da variação 1 são apresentados na Figura a. Na situação B, onde a edificação de análise está situada entre os afastamentos laterais obrigatórios mínimos, os ambientes 3 (com maiores afastamentos) apresentam os resultados mais significativos de sDA comparados com os ambientes 2. (Figura a) Os ambientes 1, em todos os cenários, como o esperado, obtiveram melhores resultados comparados com os demais ambientes.

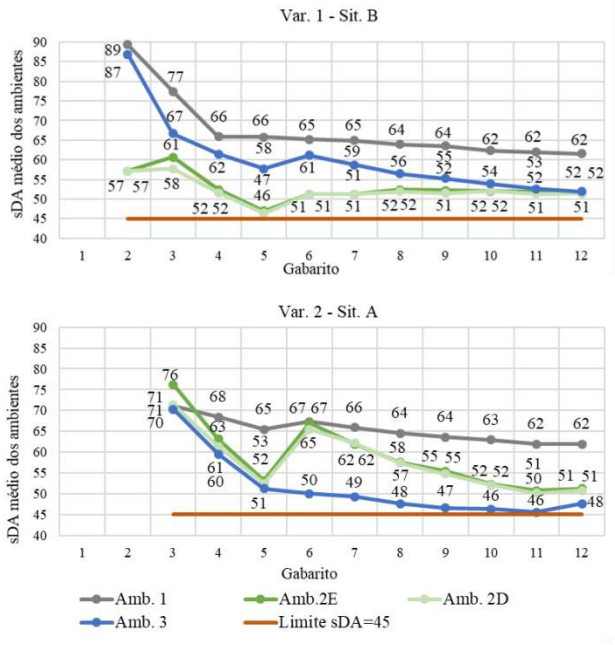


Figura 4: (a) e (b) Relação do sDA médio dos ambientes e gabarito

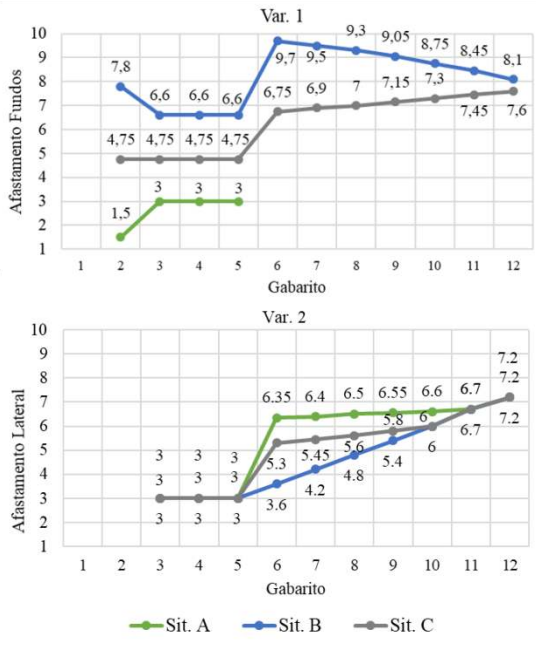


Figura 5: (a) e (b) Relação entre afastamento e gabarito

A Figura b, por sua vez, mostra a relação do afastamento lateral e os gabaritos da variação 2. A situação A, onde a edificação de análise encontra-se limitada nos afastamentos de frente e fundos, os ambientes 2 apresentam maiores afastamentos laterais e, consequentemente, maiores resultados dos valores de sDA médio comparados com os ambientes 3 (Figura b).

A situação C manteve-se sempre com as distâncias dos afastamentos variando entre a situação A e B, e, como apresenta os afastamentos laterais e de fundos iguais, os resultados de sDA foram similares para as 3 situações. Em todas as situações, os resultados do sDA médio dos ambientes resultaram em valores ≥45.

Os resultados de sDA médio por ambiente, por sua vez, apresentado na Figura , mostra que, na situacão A da variação 1, todos os pavimentos alcançaram valores de sDA igual ou maior que 45%, ilustrado na cor verde. Observa-se no gabarito 5, resultados de sDA<45 nos primeiros pavimentos, inferiores aos dos pavimentos 6 e 7.

VAR 1	GABARITO										
SIT. A	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
PAVIMENTO 12											
11											
10											
9											
8											
7											
6											
5				71							
4			71	58							
3		71	58	51							
2	76	60	52	45							

VAR 1	GABARITO										
SIT. B	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
PAVIMENTO 12											75
11										73	64
10									73	64	60
9								74	64	59	57
8							73	64	57	57	52
7						73	62	58	56	50	50
6					72	61	57	52	50	50	46
5				69	60	52	52	50	48	45	43
4			68	52	52	50	46	45	44	43	42
3		69	52	44	47	45	44	43	42	40	40
2	67	54	45	36	42	40	40	38	38	38	37

VAR 1	GABARITO										
SIT. B	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
PAVIMENTO 12											74
11										73	62
10									73	61	58
9								73	61	55	55
8							72	60	55	52	49
7						73	59	54	49	47	47
6					71	58	54	50	46	40	42
5				66	58	52	49	43	42	40	40
4			69	49	52	46	43	41	37	35	36
3		73	56	42	50	45	40	38	37	35	35
2											

VAR 2	GABARITO										
SIT. A	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
PAVIMENTO 12											74
11										73	62
10									74	62	59
9								72	61	55	54
8							71	61	55	52	50
7						73	61	55	50	48	46
6					73	60	54	51	47	40	42
5				66	60	56	51	47	40	40	40
4			67	49	56	52	45	40	38	35	36
3		73	56	42	55	48	43	40	36	35	35

VAR 2	GABARITO										
SIT. C	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
PAVIMENTO 12											75
11										74	64
10									74	65	62
9								75	63	60	57
8							73	64	60	57	54
7						75	64	59	57	52	50
6					74	63	58	57	50	50	46
5				71	64	58	57	50	50	45	44
4			72	56	58	57	50	49	43	43	42
3		73	57	50	56	50	48	43	42	42	40

VAR 2	GABARITO										
SIT. C	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
PAVIMENTO 12											75
11										72	62
10									73	61	58
9								73	61	55	55
8							73	61	55	51	50
7						73	61	55	50	48	46
6					73	61	55	50	46	41	42
5				67	61	55	49	46	42	40	39
4			67	49	56	50	44	41	37	36	36
3		73	56	42	55	49	43	41	37	35	35

Figura 6: sDA médio por pavimento nas variações 1 e 2 das situações A, B e C

Isso ocorre devido às diferentes fórmulas (Tabela 1) consideradas nos cálculos dos afastamentos mínimos obrigatórios (em razão do gabarito) e dos parâmetros urbanos (TO e IA) entre os pavimentos 2 a 5 e 6 a 12. Conforme observado nas Figura e Figura , maiores afastamentos nos pavimentos 6 e 7 comparados com o pavimento 5, além de maiores valores de IA e TO, influenciaram nos valores computados de sDA.

A Figura mostra a relação entre IA e gabarito para a variação 1 e 2, das 3 situações.

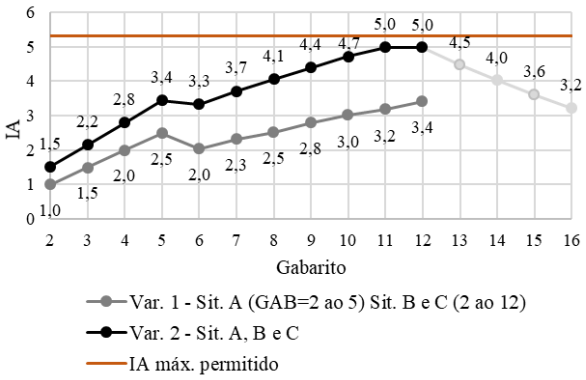


Figura 7: Relação entre índice de aproveitamento e gabarito

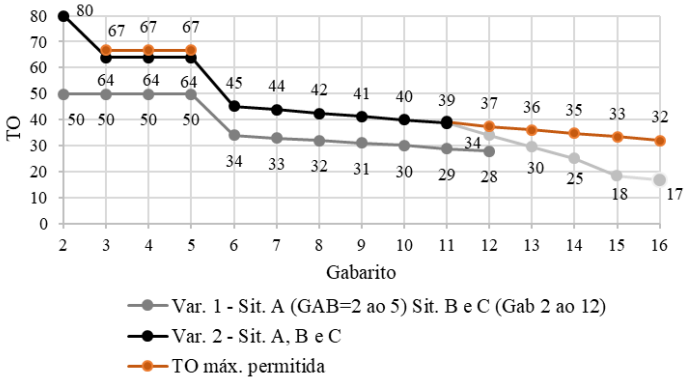


Figura 8: Relação entre taxa de ocupação e gabarito

No caso da variação 2, os resultados apresentados são referentes aos pavimentos tipo. Todos os cenários apresentam IA entre 1 e 5, dentro do limite permitido de 5,3, valor representado pela linha horizontal. Observa-se valores de IA da variação 2 maiores do que na variação 1, em razão da taxa de ocupação diferenciada para pavimentos 1 e 2 e do acréscimo de 1/3 da TO com a outorga onerosa.

Conforme comentário acima, a partir do gabarito 6, tem-se a diminuição dos valores do IA, e como consequência, no gabarito 16, por exemplo, o IA é similar ao valor do gabarito 6, ou seja, com 6 pavimentos consegue-se alcançar, aproximadamente, a mesma área construída do que com 16 pavimentos.

O valor do IA é igual nos gabaritos 11 e 12. Em cinza claro, estão representados os valores de IA dos gabaritos 13 ao 16 (não incluídos no estudo), que descrescem com o aumento do gabarito. Isto acontece, porque a partir do gabarito 12, não é mais possível atingir o potencial máximo construtivo.

Complementando, a Figura mostra a relação da TO com o gabarito. Nos cenários de gabarito 3, 4 e 5, mesmo com o aumento da altura da edificação, os afastamentos mínimos exigidos são iguais. Como a TO é igual nos gabaritos 2, 3, 4 e 5 da variação 1, o IA aumenta proporcionalmente em função do gabarito. A TO máxima permitida está representada na cor laranja. Na variação 2, mesmo com a alternativa da compra de índice, por causa dos afastamentos exigidos, a TO máxima permitida de 67% não é atingida nos cenários de gabaritos 3, 4 e 5. O mesmo acontece nos cenários de gabaritos 13 a 16.

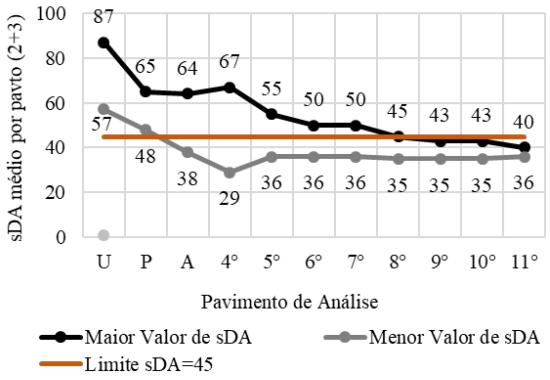
A partir do gabarito 6, com o aumento dos afastamentos mínimos em relação ao cenário do gabarito 5, a TO diminui. Na variação 1, por exemplo, de 50% de TO no gabarito 5, a TO passou no gabarito 6 para 34%. Na variação 1, a área construída da edificação com gabaritos 4 e 6 é igual, e o valor do IA do cenário do gabarito 8 é igual ao gabarito 5, ou seja, constrói-se a mesma área comparando o gabarito 5 ao 8.

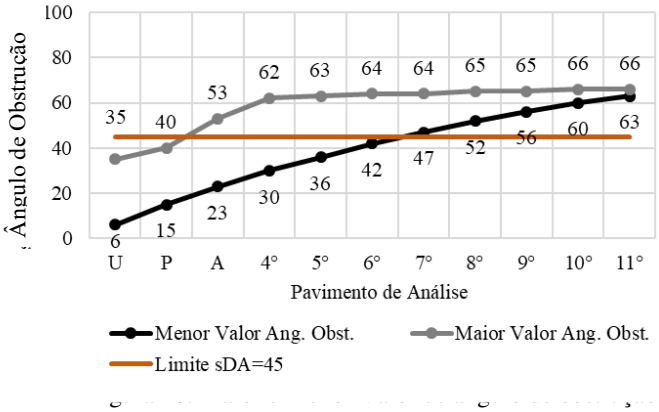
No gabarito 12 da variação 2, a taxa de ocupação máxima obtida foi de 34% (sendo permitido até 37%). Isto fez com que, o IA de 5,3 diminuísse para 5,0, o que representa uma redução de 300m² (aproximadamente um pavimento tipo) de área construída total.

Na variação 1, o cenário de gabarito 11 apresenta maior potencial construtivo e, na variação 2, o gabarito 12, que comparado com a variação 2, possui área construída próxima daquela do gabarito 5.

Assim, encontrou-se valores mais elevados para a variação 1 do que para a 2 (alternativa de compra de índices), visto que possui maiores afastamentos da edificação de análise em relação ao entorno. Entretanto, é a variação 2 que permite maior área construída.

Em relação ao ângulo de obstrução, as Figuras 9 e 10 mostram a relação dos maiores e menores valores obtidos de sDA médio por pavimento e do ângulo de obstrução dos pavimentos de análise.

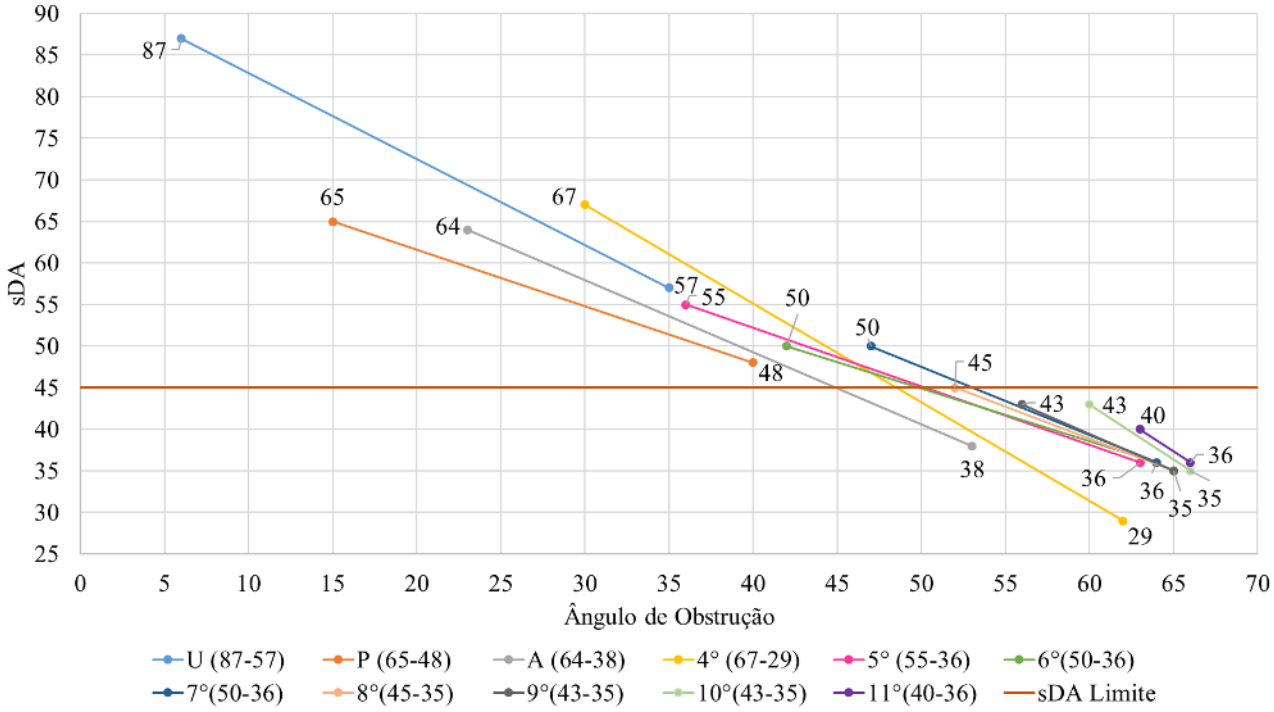




Todos os últimos e penúltimos pavimentos de análise dos cenários analisados obtiveram valores de sDA≥45. Por exemplo, os cenários computaram no último pavimento de análise valor de sDA variando entre 87% e 57% (Figura), o que corresponde aos ângulos de obstrução entre 6° e 35° (Figura), respectivamente. Os pavimentos de análise de 9 ao 11 computaram todos os resultados inferiores a 45%.

Os pavimentos de análise com valor tanto inferior como superior a 45% foram o A, 4°, 5°, 6°, 7° e 8°. Analisando esses pavimentos e verificando na Figura , o cruzamento dos resultados de sDA com os ângulos de obstrução, os ângulos referentes a estes pavimentos de análise correspondente ao valores de sDA=45, são 45°, 48°, 49°, 50°, 53° e 53°.

Figura 11: Relação entre sDA médio do pavimento (2+3) e ângulo de obstrução



5. CONCLUSÕES

O estudo mostra a análise do desempenho da iluminação natural de diferentes cenários urbanos, que se diferenciam pela TO, IA e gabarito, considerando as diferentes alternativas apresentadas pela legislação vigente na cidade de Florianópolis. Considerando-se que em certas condições, nos cenários com baixas TO, que possibilitam maiores afastamentos (menor área de projeção) entre os edifícios do entorno, a edificação de análise pode ser implantada de diferentes maneiras dentro do lote, o que influencia diretamente o desempenho da iluminação natural. Foi verificado que quanto maior o afastamento, menor o ângulo de obstrução e, consequentemente, maior é o sDA computado no interior dos ambientes analisados. Quando as taxas de ocupação são maiores, muitas vezes em razão dos afastamentos mínimos exigidos, não se consegue atingir a taxa de ocupação máxima permitida e, como consequência, o potencial construtivo máximo.

A seguir, é apresentada a relação entre os parâmetros urbanos estudados (IA, TO e gabarito) e o ângulo de obstrução e o sDA.

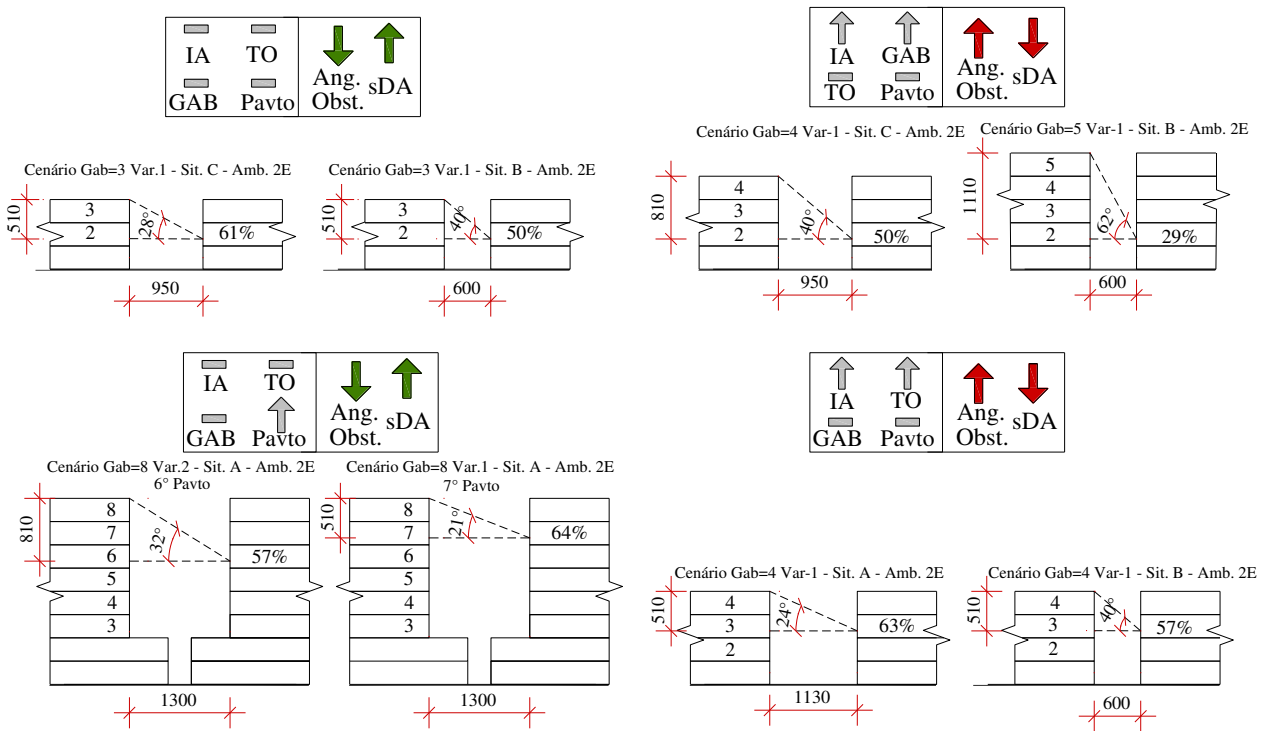


Figura 12: Relações entre os parâmetros urbanos e o ângulo de obstrução e sDA

Os valores de sDA devem ser garantidos em todos os pavimentos. Mesmo quando os parâmetros estão dentro dos limites estipulados pela legislação (sDA médio de uma edificação), a análise por pavimento pode não ser suficiente para assegurar o desempenho de todos os ambientes, em especial os dos pavimentos inferiores.

Em situações onde a simulação do desempenho da iluminação natural pode ser complexa e demorada, o valor de 50° de ângulo de obstrução pode ser utilizado como base para assegurar um desempenho satisfatório no interior dos ambientes para a cidade de Florianópolis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DEKAY, M. **Urban Development patterns for daylighting**. 18th National Passive Solar Conference, American Solar Energy Society, 1993

IESNA, IES LM-83-12. **IES Spatial Daylight Autonomy (sDA) and Annual Sunlight Exposure (ASE).** New York, NY, USA, IESNA Lighting Measurement, 2012.

LARANJA, Andréa, et al. **Análise das relações entre a geometria urbana e a orientação das aberturas na disponibilidade de iluminação natural no ambiente interno**. Cadernos de Arquitetura e Urbanismo. V.20. n.26, 1 sem. 2013.LITTLEFAIR, P. **Daylight, sunlight and solar gain in the urban environment**. Solar Energy, London, v. 70, n. 3, p. 177-185, 2001.

GRAZZIOTIN, P.; TURKIENICZ, B.; SCLOVSKY, L.; FREITAS, C. M. D. S. Cityzoom: a tool for the visualization of the impact of urban regulations. In: CONGRESSO IBERO- AMERICANO DE GRÁFICA DIGITAL, São Leopoldo, 2004. Anais... São Leopoldo: SigraDi, 2004

REINHART, C., DOGAN, T. **Simulation-based daylighting analysis procedure for developing urban zoning rules**. Building Research and Information. 2016.

Saratsis, E, Dogan T., Reinhart. **Simulation-based daylighting analysis procedure for developing urban zoning rules,** Building Research & Information, 45:5, 478-491.2017

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES/DS e CNPQ pelos recursos financeiros aplicados em forma de bolsa de doutorado.