

# A Geometria dos Cânions Urbanos e o Desempenho Luminoso no Interior das Edificações

**Stella Brunoro Hoppe, MSc**

Universidade Federal do Espírito Santo  
stellahoppe@yahoo.com.br

**Isabela Pimentel Batitucci**

Universidade Federal do Espírito Santo

**Cristina Engel de Alvarez, PhD**

Universidade Federal do Espírito Santo

**Andrea Coelho Laranja, PhD**

Universidade Federal do Espírito Santo

## RESUMO

A eficiência energética nas edificações, associada à adoção de estratégias bioclimáticas no projeto, apresenta-se como uma tática eficaz na concepção de espaços urbanos mais sustentáveis. Nesse sentido, a iluminação natural destaca-se pela vantagem de ser uma fonte de energia renovável, não poluente e a custo zero. Entretanto, a quantidade e a qualidade da luz natural no interior das edificações está relacionada com as características do entorno local, dentre estas, a largura das vias e a altura das edificações, parâmetros estes estabelecidos pelas regulamentações urbanas. Diante disso, esta pesquisa objetivou avaliar a interferência da geometria dos “cânions urbanos” no desempenho luminoso no interior das edificações. A metodologia consistiu em um estudo paramétrico, por meio de simulações computacionais no Programa TropLux para três tipos de céu padrão da CIE (3, 7 e 12). A análise foi realizada a partir da comparação dos valores médios anuais de iluminância e dos percentuais enquadrados nos intervalos das UDI's (Useful Daylight Illuminances), considerando as principais orientações cardeais. A partir dos resultados, constatou-se a redução da iluminância à medida em que se aumenta a relação H/L. Entretanto, a geometria do “cânion urbano” que propiciou menores níveis de iluminância ( $H/L=1.16$ ), em função de obstruções mais altas, foi a que apresentou melhor desempenho, visto concentrar o maior percentual das UDI's enquadrado no intervalo 100 lx/2000 lx e diminuir o percentual de iluminância excessiva para a maioria dos céus e orientações analisadas.

*Palavras-chave:* iluminação natural; largura de via; altura da edificação obstruidora, regulamentação urbana.

## INTRODUÇÃO

A crise do petróleo na década de 70 do século passado, impulsionou a criação de estratégias e políticas de inventivo ao uso racional de energia, visando assim, reduzir a sobre-exploração dos recursos energéticos disponíveis e, conseqüentemente, minimizar os impactos econômicos, sociais e ambientais inerentes ao conceito de sustentabilidade do ambiente construído. No contexto brasileiro, os edifícios existentes são responsáveis por 50% do consumo de eletricidade, sendo que o setor residencial abrange

25% desse total (Brasil, 2015). E, mesmo diante do colapso energético – o denominado “Apagão” em 2001 –, o consumo final de energia elétrica tem registrado aumento nos últimos anos (Brasil, 2015).

Diante desse cenário, a iluminação natural destaca-se pela vantagem de ser uma fonte de energia renovável, não poluente e a custo zero (Mesa et al., 2011). Além disso, o aproveitamento da luz natural pode contribuir para redução do gasto energético de uma edificação (Li and Wong, 2007; Rupp and Ghisi, 2013), concorrendo, assim, para o desenvolvimento equilibrado e eficiente do espaço interno e urbano. Entretanto, a disponibilidade de luz natural está relacionada, entre outros aspectos, com as características do entorno local, cuja configuração é uma resultante das regulamentações urbanas (Strømman-Andersen and Sattrup, 2011; Petersen et al., 2014). Dentre essas características, destaca-se a geometria dos “cânions urbanos”, representados pela relação entre a altura das edificações e a largura de via (Strømman-Andersen and Sattrup, 2011; Andreou, 2014).

Sendo assim, o objetivo desta pesquisa foi avaliar a interferência da geometria dos “cânions urbanos” no desempenho luminoso no interior das edificações. O recorte territorial adotado foi a cidade de Domingos Martins, localizada no Estado do Espírito Santo (Brasil), nas coordenadas LAT 20° 18' S e LONG 40° 43' W. De acordo com o regulamento estabelecido no Estatuto da Cidade - Lei Federal 10.257 (Brasil, 2001), o Município desenvolveu seu Plano Diretor Municipal - Lei Complementar 25/2013 (Domingos Martins, 2013), o qual foi aprovado em agosto de 2013. A legislação vigente até essa data era o Código de Obras de 1992 - Lei 1.238/92 (Domingos Martins, 1992) que estabelecia índices urbanísticos mais permissivos, dentre eles, gabarito máximo de 7 pavimentos. Com a nova legislação do PDM em vigor, foram estabelecidos parâmetros mais restritivos, limitando o gabarito máximo em 2, 3 e 4 pavimentos de acordo com o zoneamento urbano (Domingos Martins, 2013), alavancando, inclusive, uma discussão e dualidade de opiniões entre a população local (Albani and Huber, 2013; Huber, 2013, 2015).

## MÉTODO

O método adotado baseou-se em um estudo comparativo entre modelos, os quais representam diferentes geometrias de “cânions urbanos”, sendo estes gerados a partir de um cenário referência baseado na regulamentação urbana de Domingos Martins-ES. Os modelos foram simulados no programa computacional *TropLux* (Cabús, 2005) para três tipos de Céu padrão CIE - *Commission Internationale de l'Eclairage* (3, 7 e 12). Na análise dos resultados foram considerados os valores das iluminâncias médias globais dos pontos definidos e os percentuais das UDI's (*Useful Daylight Illuminance*) obtidos em cada cenário, considerando as principais orientações cardeais.

### Caracterização dos “cânions urbanos”

As diferentes configurações dos “cânions urbanos” foram representadas por meio da relação entre a altura da edificação obstruidora e a largura de via. Inicialmente, definiu-se um cenário modelo, baseado no Plano Diretor Municipal de Domingos Martins, composto pelo edifício estudado e três edificações obstruidoras. Os terrenos, nesse cenário, possuem dimensões de 12 m x 30 m, de acordo com o exigido pela legislação para a maioria das zonas quanto ao parcelamento do solo, com testada mínima de 12 m e área mínima de 360 m<sup>2</sup>, **conforme apresentado na Figura 1.**

Em relação à largura da via, adotou-se 12 m visto ser a dimensão predominante para as vias coletoras e arteriais na malha viária existente, e também por ser a largura (aproximada) indicada pelo PDM para vias locais, podendo ser adotada em áreas de expansão urbana e novos loteamentos. Destaca-se que nesta pesquisa, considerou-se como largura de via o distanciamento entre as fachadas frontais das edificações, ou seja, as dimensões da caixa viária, calçadas e afastamentos frontais de 3 metros, **como ilustra a** Erro! A origem da referência não foi encontrada..

No que tange à altura das edificações, optou-se por 6 m, 12 m e 21 m, correspondentes às

construções com 2, 4 e 7 pavimentos respectivamente. Tendo em vista a divergência de opiniões entre a população, principalmente em relação à limitação do gabarito, ocasionada pelo estabelecimento de índices urbanísticos mais restritivos, a escolha das alturas baseou-se no gabarito mínimo e máximo estabelecido pela nova regulamentação, ou seja, de 2 e 4 pavimentos, e no gabarito máximo permitido pela legislação anterior, o qual vinha sendo praticado até a aprovação do PDM. Sendo assim, a partir da combinação das referidas variáveis, foram geradas e simuladas três diferentes geometrias de “cânions urbanos” representados pelas relações (H/L) 0.33, 0.66 e 1.16, **conforme demonstrado na Erro!** A origem da referência não foi encontrada..

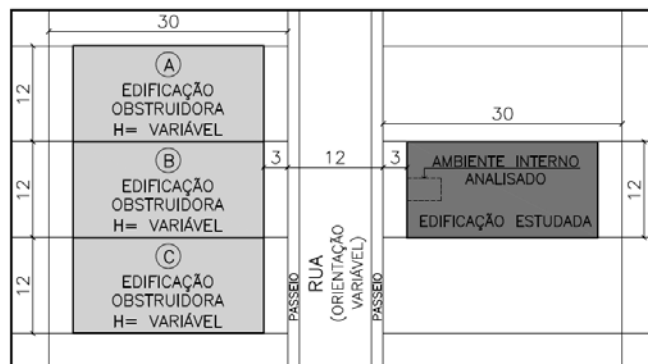


Figura 1. Planta baixa esquemática do cenário modelo.

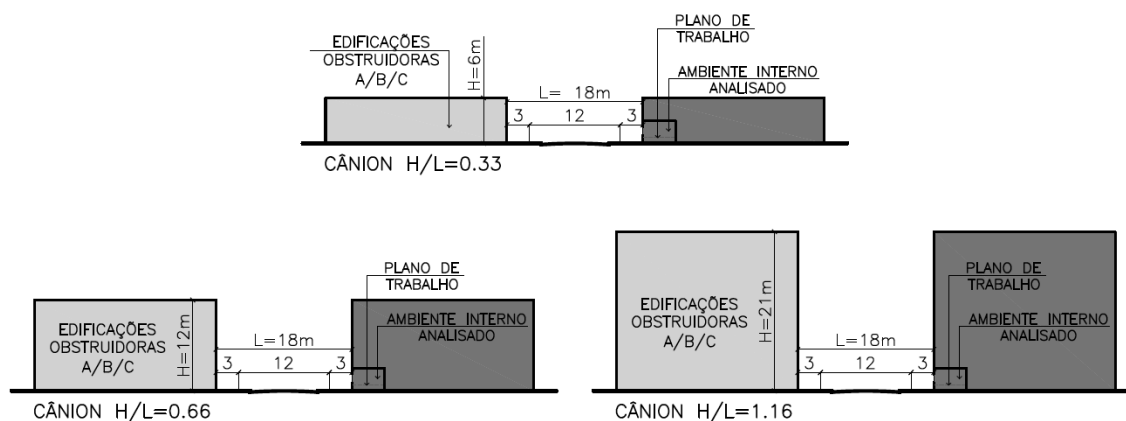


Figura 2. Corte esquemático com cenários dos tipos de Cânions urbanos analisados.

### Simulações computacionais

O principal instrumento de obtenção de dados foram as simulações computacionais realizadas no programa *TropLux* (Cabús, 2005), o qual permite a simulação da iluminação natural no ambiente interno considerando as características, tanto climáticas como arquitetônicas, para as regiões tropicais. Dentre as suas especificidades, destacam-se a configuração do índice de refletância das superfícies internas e externas, e do tipo de céu da localidade segundo os padrões da CIE. O programa é baseado em três conceitos: o método Monte Carlo, o método do raio traçado e o conceito de coeficientes de luz natural (Cabús, 2005). Adotou-se três tipos de Céu, conforme estabelecido por Laranja (2010): 3 (encoberto), 7 (parcialmente nublado) e 12 (claro), os quais correspondem, respectivamente, aos valores mínimo, intermediário e máximo de iluminância.

Quanto aos dias e horários adotados nas simulações, conforme a NBR 15215-4 (ABNT, 2005) os níveis de iluminação devem ser verificados em diferentes épocas do ano e horários distintos, a fim de se obter valores mais precisos. Logo, consideraram-se todos os dias do ano e cada hora compreendida entre 7h00 e 17h00.

As principais características do ambiente interno foram definidas de acordo com as especificações

estabelecidas pelo Código de Obras de Domingos Martins (Domingos Martins, 1992) e, de forma complementar, o Código de Obras de Vitória (Vitória, 1998), bem como na tipologia verificada na região estudada. Assim, o modelo de ambiente caracteriza-se por ter pé-direito de 3.00 m, largura de 2.80 m e comprimento de 4.30 m, **conforme apresentado na** Erro! A origem da referência não foi encontrada.. As refletâncias internas foram adotadas conforme Laranja (2010), NBR ISO/CIE 8995 (2013) e Petersen et al. (2014), ou seja, piso = 20%, paredes = 50% e teto = 80 %. As aberturas do modelo analisado localizam-se na fachada voltada para o exterior, centralizadas na parede, e foram orientadas a Norte, Sul, Leste e Oeste. São compostas por vidro liso transparente, cuja transmitância à luz visível é de 90% (padrão do *software*), e possuem uma área de 1.54 m<sup>2</sup> (1.40 x 1.10 x 1.10 m), correspondendo a 1/8 da área do piso do compartimento (Vitória, 1998).

Os pontos para avaliação da iluminância no ambiente interno situam-se no térreo, visto ser a situação mais crítica para o acesso da luz natural. Adotou-se a NBR 15215-4 (ABNT, 2005) para determinar o número mínimo e a localização dos pontos para verificação do nível de iluminação natural. A quantidade mínima de pontos encontrados foi 16, porém, optou-se por trabalhar com um número superior, 25 pontos, visando maior precisão nos dados de resposta. A malha para localização dos pontos é composta por 5 linhas e 5 colunas, distando entre si 0,46 m e 0,76 m respectivamente. O plano de trabalho considerado está a 0,75 m do piso, **conforme apresentado na** Erro! A origem da referência não foi encontrada..

Quanto às edificações obstruidoras, foram consideradas três edificações, as quais se localizam à frente da edificação estudada, à frente na lateral direita, e à frente na lateral esquerda, **conforme anteriormente apresentado na** Erro! A origem da referência não foi encontrada.. As refletâncias utilizadas foram baseadas nos trabalhos desenvolvidos por Leder (2007), Laranja (2010) e Strømman-Andersen e Sattrup (2011). Assim, considerou-se 40% como refletância média dos fechamentos opacos, e 20% como refletância média das superfícies horizontais.

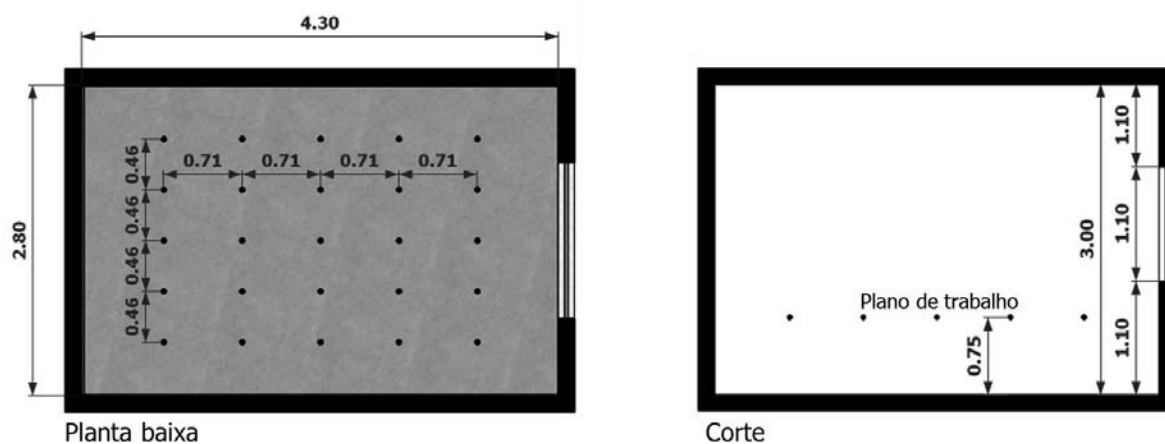


Figura 3. À esquerda, planta baixa esquemática e à direita, corte esquemático com a distribuição dos pontos de avaliação do ambiente interno analisado.

### Análise dos resultados

Nesta pesquisa, estabeleceu-se que a disponibilidade de iluminação natural no ambiente interno é caracterizada pelo nível de iluminância, com valores que indiquem a adequação à realização das atividades previstas dentro dos compartimentos. Além disso, definiu-se que a iluminação considerada diz respeito à iluminância global, proveniente da combinação entre luz do sol e da parcela refletida.

A avaliação ocorreu em duas etapas. Inicialmente, foram comparadas as iluminâncias obtidas em cada cenário simulado ( $H/L=0.33$ ;  $H/L=0.66$ ;  $H/L=1.16$ ), verificando-se a variação dos níveis de luz

natural mediante a alteração da geometria dos cânions urbanos. Além disso, observou-se o enquadramento desses valores segundo o estabelecido pela NBR ISO/CIE 8995-1, que recomenda o valor de 500 lx como iluminância a ser mantida em compartimentos onde se realizam as seguintes atividades como escrever, teclar, ler e processar dados (ABNT, 2013).

A segunda etapa consistiu na comparação, entre os referidos cenários, dos valores das UDI's. O parâmetro, proposto por Nabil e Mardaljevic (2006), consiste na caracterização da ocorrência de iluminâncias, no período de um ano, que se encontram dentro de determinados intervalos de iluminação, **conforme apresentado na** Erro! A origem da referência não foi encontrada., sendo a Iluminância Útil (UDI) compreendida no intervalo entre 100 lx e 2000 lx .

**Tabela 1. Caracterização dos intervalos de iluminância com destaque para a faixa da UDI**

Intervalos	Características da Iluminância
$E < 100 \text{ lx}$	Insuficiente.
$100 \text{ lx} < \text{UDI} < 500 \text{ lx}$	Suficiente, mas com necessidade de iluminação complementar.
$500 \text{ lx} < \text{UDI} < 2000 \text{ lx}$	Suficiente e desejável.
$2000 \text{ lx} < E$	Indesejável. Desconforto térmico e/ou visual.

*Fonte: Adaptado de Nabil and Mardaljevic, 2006.*

## RESULTADOS

Os resultados, conforme metodologia estabelecida, seguem apresentados em duas etapas. Na primeira, foram comparados os valores de iluminância média global obtidos nos “cânions”  $H/L=0.33$ ,  $H/L=0.66$  e  $H/L=1.16$ , sendo observados, ainda, se esses valores atendem ao recomendado pela NBR ISO/CIE 8995-1, 500 lux (ABNT, 2013). Na segunda etapa, foram analisados os valores enquadrados no intervalo das UDI's, atentando-se também aos percentuais de iluminância excessivos ( $2000 \text{ lx} < E$ ).

### Iluminâncio média global

Em relação à iluminância média global, em geral, à medida que se aumentou a relação entre a altura da edificação obstruidora e a largura da via, constatou-se menores percentuais de luz natural em todas as orientações e tipos de céu analisados, **conforme demonstrado na** Erro! A origem da referência não foi encontrada.. A única exceção foi para o céu 12 (claro), nos ambientes orientados ao Sul, os quais apresentaram um comportamento inverso ao observado nas demais situações, ou seja, nesse caso, os resultados apontaram que à medida em que a relação  $H/L$  diminui, os níveis de iluminância aumentam. Esse comportamento atípico pode estar associado à contribuição da luz refletida pelo entorno. No referido caso, estando o ambiente analisado orientado ao Sul, a fachada oposta (Norte) recebe radiação solar intensa durante grande parte do dia, sendo assim, aumentando-se a altura da edificação obstruidora (área de influência), maior será a quantidade de luz refletida para o ambiente interno. Observa-se, porém, que o aumento da área da fachada obstruidora contribui para o acréscimo da iluminância no ambiente interno do edifício analisado (desde que essa fachada possua revestimento com refletância de pelo menos 40%), até um determinado limite de altura, não sendo este limite objeto de avaliação neste trabalho.

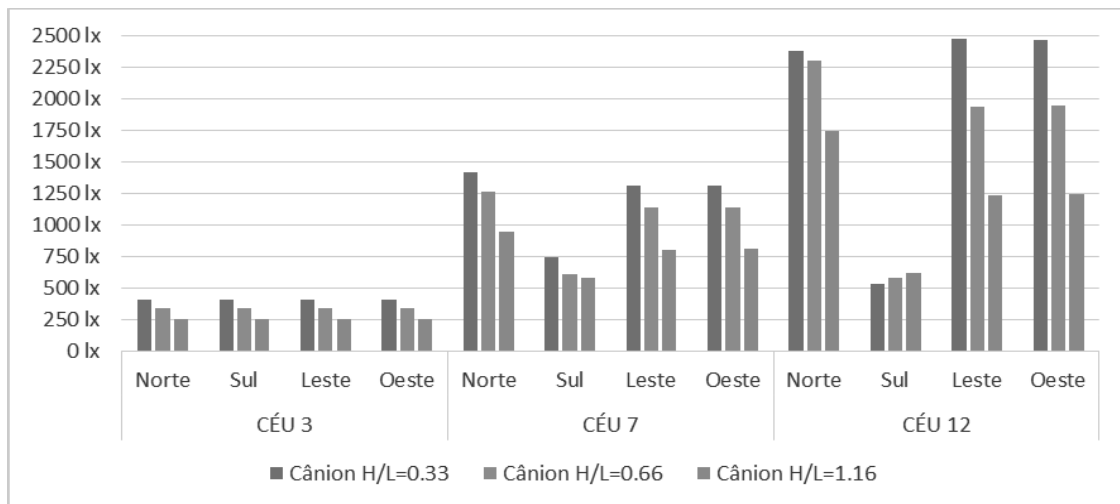


Figura 4. Comparativo entre os valores de iluminância média global conforme geometria dos “cânions urbanos”.

Sob condições de céu 3 (encoberto), observou-se que o percentual de variação da iluminância foi proporcional ao aumento da altura das edificações obstruidoras. Os decréscimos foram de 17% e 26%, em todas as orientações, ao compararem-se, respectivamente, os “cânions”  $H/L=0.33 - H/L=0.66$  e  $H/L=0.66 - H/L=1.16$ . Para o céu 7 (parcialmente nublado), essas variações não foram proporcionais, inclusive, constatou-se que o aumento do gabarito de 4 pavimentos ( $H/L=0.66$ ) para 7 pavimentos ( $H/L=1.16$ ) exerceu maior influência na disponibilidade de iluminação natural do que a variação de 2 pavimentos ( $H/L=0.33$ ) para 4 pavimentos ( $H/L=0.66$ ) nas orientações Norte, Leste e Oeste. A iluminância no ambiente interno diminuiu, em média, 12% e 28% ao aumentar-se a relação dos “cânions urbanos” ( $H/L$ ), respectivamente de 0.33 para 0.66; e de 0.66 para 1.16. Ainda para o céu 7 (parcialmente nublado), na orientação Sul, apesar dos percentuais de iluminância terem mantido o padrão das demais orientações, isto é, a iluminância diminuiu com o aumento do gabarito, a alteração do “cânion”  $H/L=0.33$  para  $H/L=0.66$  exerceu maior influência no decaimento do nível lumínico – cerca de 19% –, enquanto a variação do “cânion”  $H/L=0.66$  para  $H/L=1.16$  ocasionou a variação de apenas 5%. Nesse sentido, conclui-se que para ambientes orientados ao Sul, sob condições de céu 7 (parcialmente nublado), a admissão de edificações obstruidoras com 7 pavimentos ( $H/L=1.16$ ) não seria mais pernicioso em relação à disponibilidade de luz natural do que edificações obstruidoras com 4 pavimentos ( $H/L=0.66$ ).

Para o céu 12 (claro), orientação Norte, praticamente não houve variação no nível de iluminação natural aumentando-se a altura das edificações obstruidoras de 2 pavimentos ( $H/L=0.33$ ) para 4 pavimentos ( $H/L=0.66$ ), porém, alterando-se o gabarito de 4 pavimentos ( $H/L=0.66$ ) para 7 pavimentos ( $H/L=1.16$ ), o percentual de iluminância decresceu 24%. Ainda para o céu 12 (claro), nas orientações Leste e Oeste, a queda da iluminância foi cerca de 21,5% na variação da geometria do “cânion”  $H/L=0.33$  para  $H/L=0.66$ , e 36% para a variação de  $H/L=0.66$  para  $H/L=1.16$ . Na orientação Sul, ao contrário do observado nas demais situações, o aumento do gabarito proporcionou o acréscimo da luz natural no ambiente interno, conforme explanado anteriormente. A variação foi, em média, 7,5% para ambos os intervalos de “cânions urbanos”. Observa-se ainda que a alteração da geometria dos “cânions” influencia de forma mais significativa a diminuição dos níveis de luz natural nos ambientes voltados para orientações Norte, Leste e Oeste, para os céus 7 (parcialmente nublado) e 12 (claro), considerando o intervalo de variação  $H/L=0.66$  para  $H/L=1.16$ . Além disso, para o céu 3 (encoberto), nenhum dos resultados, proporcionados pelas diferentes geometrias, alcançou o mínimo recomendado pela NBR/ISO 8995 - 1 (2013), 500 lux.

## UDI (*Useful Daylight Illuminance*)

A variação da geometria dos “cânions urbanos”, expressa pela relação entre a altura das edificações e a largura de via, contribuiu para alterações nos percentuais de horas dos dias enquadrados nos intervalos das UDI’s, **conforme demonstrado na** Erro! A origem da referência não foi encontrada.. Para o céu 3 (encoberto), percebeu-se um mesmo comportamento em relação à variação desses percentuais em todas as orientações. Na medida em que o gabarito aumentou, consequentemente aumentando a relação H/L, a iluminância compreendida no intervalo entre 500 lx e 2000 lx, caracterizada como suficiente e desejável, diminuiu em detrimento do acréscimo dos percentuais classificados como suficiente, mas com necessidade de iluminação complementar (100 lx/500 lx). Os percentuais de decréscimo dos valores enquadrados no intervalo entre 500 lx e 2000 lx foi de 19% no aumento do gabarito de 2 pavimentos (H/L= 0.33) para 4 pavimentos (H/L= 0.66) e 14% no aumento do gabarito de 4 pavimentos (H/L= 0.66) para 7 pavimentos (H/L= 1.16). Ainda para o céu 3 (encoberto), o aumento da altura das edificações obstruidoras permitiu um discreto acréscimo nos percentuais de iluminância considerados como insuficiente ( $E < 100$  lx).

Sob condições de céu 7 (parcialmente nublado) e 12 (claro), orientação Norte, os valores compreendidos no intervalo entre 500 lx e 2000 lx, considerados como suficientes e desejáveis, praticamente não se alteraram ao aumentar a relação H/L, permanecendo em torno de 58% para o céu 7 (parcialmente nublado) e 45% para o céu 12 (claro). Além disso, observou-se que o aumento do gabarito, e consequente aumento da relação H/L, para os ambientes orientados ao Norte foi benéfico, pois além manter os percentuais classificados como suficientes e desejáveis (500 lx/2000 lx), diminuiu os percentuais enquadrados no intervalo caracterizado como indesejável por poder causar desconforto térmico e visual ( $2000 < E$ ).

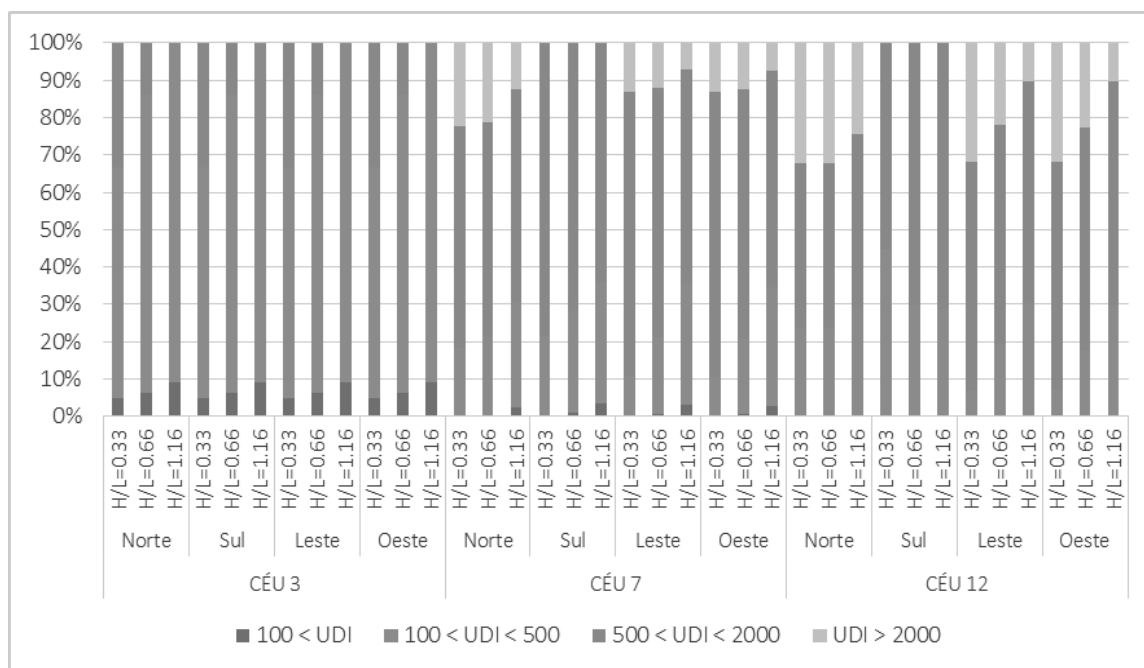


Figura 5. Comparativo entre os percentuais das UDI's conforme geometria dos “cânions urbanos”.

Ainda para o céu 7 (parcialmente nublado), orientações Leste e Oeste, o aumento do gabarito, tanto de 2 pavimentos (H/L= 0.33) para 4 pavimentos (H/L= 0.66) quanto de 4 pavimentos (H/L= 0.66) para 7 pavimentos (H/L= 1.16), ocasionou um decréscimo, em média, de 10% nos percentuais compreendidos entre 500 lx e 2000 lx (suficiente e desejável) em detrimento do acréscimo de, aproximadamente, 11%

nos percentuais enquadrados entre 100 lx e 500 lx (suficiente, mas com necessidade de iluminação complementar). Quanto aos valores classificados como indesejáveis ( $2000 \text{ lx} < E$ ), o aumento do gabarito de 4 pavimentos ( $H/L = 0.66$ ) para 7 pavimentos ( $H/L = 1.16$ ) diminuiu o percentual de horas enquadrados nesse intervalo. Nesse sentido, observa-se que, sob condições de céu 7 (parcialmente nublado), para os ambientes orientados a Leste e Oeste, a presença de edificações obstruidoras com 7 pavimentos ( $H/L = 1.16$ ) é mais favorável no que tange à disponibilidade de luz natural no ambiente interno, pois além de diminuir o percentual da iluminância considerada indesejável ( $2000 \text{ lx} < E$ ), concentra a maior quantidade de horas compreendidas nos intervalos classificados como suficientes e desejáveis ( $500 \text{ lx}/2000 \text{ lx}$ ) e suficiente, mas com necessidade de iluminação complementar ( $100 \text{ lx}/500 \text{ lx}$ ).

Para os ambientes orientados ao Sul, sob condições de céu 7 (parcialmente nublado), conforme esperado, não houve a presença de valores excessivos ( $2000 \text{ lx} < E$ ) visto a contribuição ser predominantemente do céu para essa fachada e, apesar do aumento da relação entre a altura da edificação e a largura da via ter proporcionado o decréscimo nos percentuais compreendidos no intervalo entre 500 lx e 2000 lx, a somatória dos percentuais concentra-se majoritariamente nos intervalos entre 100 lx/500 lx e 500 lx/2000 lx, classificados, respectivamente, como suficiente, mas com necessidade de iluminação complementar e suficiente e desejável.

Para o céu 12 (claro), orientações Leste e Oeste, os valores considerados como suficientes e desejáveis ( $500 \text{ lx}/2000 \text{ lx}$ ) praticamente não se alteraram ao aumentar a relação entre a altura das edificações e a largura da via, permanecendo em torno de 60%. Ademais, verificou-se que o aumento da relação  $H/L$ , e consequente aumento do gabarito, para a referida situação, foi favorável à disponibilidade de luz natural, pois, além de manter os percentuais classificados como suficientes e desejáveis ( $500 \text{ lx}/2000 \text{ lx}$ ), propiciou o aumento dos percentuais compreendidos entre 100 lx e 500 lx, caracterizado como suficiente, mas com necessidade de iluminação complementar, em detrimento dos percentuais considerados como indesejáveis por poderem ocasionar ofuscamento e desconforto térmico ( $2000 \text{ lx} < E$ ).

## CONCLUSÃO

A partir do estudo realizado verificou-se a influência da geometria de diferentes “cânions urbanos” e, conseqüentemente, da regulamentação urbana na disponibilidade de luz natural no interior das edificações. A pesquisa baseou-se na relação entre a altura das edificações obstruidoras e a largura de via no intuito de permitir a aplicação das relações  $H/L$  estudadas em diferentes contextos urbanos.

De maneira geral, no que tange à iluminância média global, à medida em que se aumenta a relação entre a altura das edificações obstruidoras e a largura de via, o nível de luz natural diminui no ambiente interno. A exceção acontece para as edificações orientadas ao Sul, sob condições de céu 12 (claro), que, mediante a verticalização, recebe maior contribuição da parcela refletida pelas fachadas do entorno. Observa-se que para o céu 7 (parcialmente nublado) e 12 (claro), orientações Norte, Leste e Oeste, a variação do cânion  $H/L=0.66$  para  $H/L=1.16$  (aumento do gabarito das edificações obstruidoras de 4 para 7 pavimentos) exerce maior influência no desempenho luminoso do ambiente interno. Nesse sentido, pode-se concluir que, para locais com céu predominantemente claro e parcialmente nublado, a adoção da relação  $H/L=0.66$  (edificações com 4 pavimentos) em detrimento da relação  $H/L=0.33$  (edificações com 2 pavimentos) para vias de 12 m não seria pernicioso quanto ao aproveitamento da iluminação natural no ambiente interno.

Em relação aos percentuais enquadrados nos intervalos das UDI's, o aumento da relação entre a altura das edificações obstruidoras e a largura da via contribuiu para a redução dos valores caracterizados como excessivos e indesejáveis ( $2000 \text{ lx} < E$ ) por poder causar desconforto térmico e visual, para o céu 7 (parcialmente nublado) e 12 (claro), nos ambientes orientados ao Norte, Leste e



Oeste. Nesse sentido, destaca-se o cânion H/L= 1.16 (edificações com 7 pavimentos), o qual abarcou o maior percentual da iluminância caracterizada como suficiente, isto é, os valores enquadrados no intervalo 100 lx/500 lx, classificado como suficiente, mas com necessidade de iluminação complementar, e no intervalo 500 lx/2000 lx, caracterizado como suficiente e desejável. Além disso, o referido cânion (H/L= 1.16) apresentou menores percentuais da iluminância considerada excessiva ( $2000 \text{ lx} < E$ ).

Por fim, por meio dos resultados apresentados, confirma-se a interferência dos cânions urbanos no desempenho luminosos do ambiente interno, bem como a necessidade de se considerar as relações da geometria urbana – nesta pesquisa expressa pela altura das edificações e largura de via –, no intuito de auxiliar na obtenção de níveis adequados de iluminância no interior das edificações e consequente redução dos gastos com energia elétrica. Destaca-se, ainda, que os referidos parâmetros, os quais resultam em diferentes configurações do espaço urbano, são estabelecidos pelas legislações urbanas. Sendo assim, reitera-se a importância de se considerar estudos referentes à iluminação natural no processo de planejamento urbano, aliados também às pesquisas que enfoquem os demais aspectos inerentes ao conforto, como o desempenho térmico, ventilação natural, paisagem, entre outros, visando, dessa forma, propor critérios e recomendações adequados à realidade de cada local, e, assim, contribuir para o desenvolvimento mais sustentável do ambiente construído.

## AGRADECIMENTO

Esta pesquisa foi apoiada pela CAPES – Coordenação de Pessoal de Aperfeiçoamento de Nível Superior.

## REFERÊNCIAS

- Albani, E. and Huber, J. 2013. Vereadores aprovam construções de até sete andares em Domingos Martins. Montanhas Capixabas, Domingos Martins. Política. Disponível em: <[www.montanhascapixabas.com.br/index.php?x=materia&codItem=6953&codArea=2](http://www.montanhascapixabas.com.br/index.php?x=materia&codItem=6953&codArea=2)>. Acesso em: 26 fev. 2016.
- Andreou, E. 2014. The effect of urban layout, street geometry and orientation on shading conditions in urban canyons in the Mediterranean. *Renewable Energy*, 63: 587-596.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. 2005. NBR 15215-4: verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações – método de medição. Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. 2013. NBR ISO/CIE 8995-1: iluminação de ambientes de trabalho. Rio de Janeiro.
- Brasil. 2001. Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Brasília. Disponível em: <[www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/LEIS\\_2001/L10257.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/LEIS_2001/L10257.htm)>. Acesso em: 27 fev. 2016.
- Brasil. 2015. Empresa de Pesquisa Energética. Balanço Energético Nacional 2015 – Ano base 2014: Relatório Síntese. Rio de Janeiro: EPE. 62 p.
- Cabús, R. C. 2005. Troplux: um sotaque tropical na simulação da luz natural em edificações. In: Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 8.; Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído, 4., 2005, Maceió. Anais... Maceió.
- Domingos Martins (Município). 1992. Lei nº 1.238, de 1992. Institui o Código de obras do Município de Domingos Martins. Domingos Martins.
- Domingos Martins (Município). 2013. Lei Complementar nº 25, de 2013. Dispõe sobre a organização do espaço territorial do Município de Domingos Martins, conforme determina o disposto no art. 182 CRFB de 1988 e o art. 41 do Estatuto da Cidade – Lei 10.257 de 2001. Domingos Martins.
- Huber, J. 2013. Moradores querem barrar emendas do PDM em Domingos Martins. Montanhas Capixabas, Domingos Martins. Política. Disponível em: <[www.montanhascapixabas.com.br/index.php?x=materia&codItem=6970&codArea=2](http://www.montanhascapixabas.com.br/index.php?x=materia&codItem=6970&codArea=2)>. Acesso em: 26 fev. 2016.

- Huber, J. 2015. Vereadores propõem mudanças no PDM de Domingos Martins. Montanhas Capixabas, Domingos Martins. Política. Disponível em: <[www.montanhascapixabas.com.br/index.php?x=materia&codItem=12086&codArea=2](http://www.montanhascapixabas.com.br/index.php?x=materia&codItem=12086&codArea=2)>. Acesso em: 26 fev. 2016.
- Laranja, A. C. 2010. Parâmetros urbanos e a disponibilidade de iluminação natural no ambiente interno. 2010. 285 f. Tese (Doutorado em Arquitetura) - Programa de Pós-graduação em Arquitetura, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- Leder, S. M. 2007. Ocupação urbana e luz natural: proposta de parâmetro de controle da obstrução do céu para garantia da disponibilidade à luz natural. 2007. 240 f. Tese (Doutorado em Construção Civil) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- Li, D. H. W. and Wong, S. L. 2007. Daylighting and energy implications due to shading effects from nearby buildings. *Applied Energy*, 84 (12): 1199-1209.
- Mesa, N. A., Corica, L. and Pattini, A. 2011. Evaluation of the potential of natural light to illuminate buildings in dense urban environment: A study in Mendoza, Argentina. *Renewable Energy*, 36: 2414-2423.
- Nabil, A. and Mardaljevic, J. 2006. Useful daylight illuminances: a replacement for daylight factors. *Energy and Buildings*, 38 (7): 905-913.
- Petersen, S., Momme, A. J. and Hviid, C. A. 2014. A simple tool to evaluate the effect of the urban canyon on daylight level and energy demand in the early stages of building design. *Solar Energy*, 108: 61-68.
- Rupp, R. F. and Ghisi, E. 2013. Potencial de economia de energia elétrica através do uso da luz natural e da ventilação híbrida em edifícios comerciais em Florianópolis. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, 13 (4): 75-86.
- Strømmandersen, J. and Sattrup, P. A. 2011. The urban canyon and building energy use: urban density versus daylight and passive solar gains. *Energy and Buildings*, 43: 2011–2020.
- Vitória (Município). 1998. Lei nº 4.821, de 30 de dezembro de 1998. Institui o Código de Edificações do Município de Vitória e dá outras providências. Vitória.